595.79
F917f

THE UNIVERSITY
OF ILLINOIS
LIBRARY
595.79
F917f

The person charging this material is responsible for its return to the library from which it was withdrawn on or before the **Latest Date** stamped below.

Theft, mutilation, and underlining of books are reasons for disciplinary action and may result in dismissal from the University.

To renew call Telephone Center, 333-8400

UNIVERSITY OF ILLINOIS LIBRARY AT URBANA-CHAMPAIGN

FEB 24 1988

NOV 30 1989

NOV 08 1991

L161—O-1096

Der Farbensinn
und
Formensinn der Biene

Von

Karl v. Frisch

Privatdozent und Assistent am Zoolog. Institut München

Mit 12 Abbildungen im Text und 5 Tafeln

Sonderabdruck aus

„Zoologische Jahrbücher". Abteilung für allgemeine Zoologie und Physiologie.
Herausgegeben von Prof. J. W. Spengel in Gießen
Band 35

Jena
Verlag von Gustav Fischer
1914

Der Lichtsinn augenloser Tiere. Eine biologische Studie. Von **Willibald A. Nagel,** Priv.-Doz. d. Physiologie in Freiburg i. B. Mit 3 Textfig. 1896. Preis: 2 Mark 40 Pf.

Das Sehen der niederen Tiere. Von Prof. Dr. **Richard Hesse,** Priv.-Doz. d. Zoologie in Tübingen. Erweiterte Bearbeitung eines auf der 79. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Dresden 1907 gehaltenen Vortrags. 1908. Preis: 1 Mark 20 Pf.

Vergleichende Physiologie des Gesichtssinnes. Von Prof. Dr. **C. v. Hess,** Geheimrat in Würzburg. Mit 3 Tafeln und 45 Figuren im Text. (Abdruck aus Handbuch der vergleichenden Physiologie, herausgegeben von Hans Winterstein. Bd. IV.) 1912. Preis: 11 Mark.

Inhalt: I. Lichtsinn. 1. — bei Wirbeltieren. 2. — bei Wirbellosen. 3. Rückblick. Literatur. — II. Dioptrik, sichtbare Lichtwirkungen am Sehorgan. 1. Das Sehorgan der Wirbeltiere. 2. Das Sehorgan der Wirbellosen. 3. Literatur. — III. Akkommodation. — Literatur. — Autoren- und Sachregister.

Die vergleichende Forschung hat beim Studium des Sehorgans sich lange Zeit vorwiegend anatomischen Aufgaben zugewendet. Erst die Arbeiten der letzten Jahre haben gezeigt, daß von der vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes weite und bedeutende Gebiete einer wissenschaftlichen Behandlung in wesentlich größerem Umfange zugängig sind, als bisher vielfach für möglich gehalten wurde. Es ergaben sich neue Befunde und Fragestellungen, die für die Physiologie selbst, wie für manches Nachbargebiet, wohl auch für die vergleichende Physiologie, von Interesse werden können. Aus den neugewonnenen Gesichtspunkten lassen sich alte Irrtümer aufklären, Widersprüche lösen, bis dahin unverständliche Befunde leicht verständlich machen und mit anderen, scheinbar fernabliegenden, verknüpfen. Wegen dieser Wichtigkeit des Gegenstandes und weil sich die Arbeit an einen größeren Kreis von Interessenten aus verschiedenen Disziplinen wendet, ist die Sonderausgabe veranstaltet worden. Neben Physiologen sind es namentlich Ophthalmologen, Zoologen, Psychologen und Physiker, die von der Schrift werden Kenntnis nehmen müssen.

Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes. Beitrag zur Theorie der Licht- und Farbenempfindung auf anatomisch-physikalischer Grundlage. Von Dr. **E. Raehlmann,** Prof. in Weimar. Mit 16 Abbildungen im Text. 1907. Preis: 1 Mark 50 Pf.

Inhalt: I. Die Stellung der Sehzellen a) bei niederen Tieren mit sogen. Richtungsaugen. b) im Napfauge und dem Stemma. c) im sogen. Fächerauge. d) Die Stellung der Sehzellen und Stäbchen im Cameraauge (der Wirbeltiere, der Cephalopoden, von Pekten). — II. Die biologische Bedeutung des Tapetums. — III. Die Farbenempfindung der Tiere.

Der Begriff des Instinktes einst und jetzt. Eine Studie über die Geschichte und die Grundlagen der Tierpsychologie. Von Dr. **Heinrich Ernst Ziegler,** Prof. der Zoologie a. d. Technischen Hochschule in Stuttgart, der Tierärztlichen Hochschule in Stuttgart und der Landwirtschaftlichen Hochschule in Hohenheim (früher Prof. a. d. Universitäten Freiburg i. Br. und Jena). Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit einem Anhang: Die Gehirne der Bienen und Ameisen. Mit 16 Abbildungen im Text und 2 Tafeln. 1910. Preis: 3 Mark.

Inhalt: Einleitung. — 1. Die Tierpsychologie im Altertum. — 2. Der Instinktbegriff der Kirchenlehre. — 3. Die Gegner der kirchlichen Lehre vom Instinkt. — 4. Der vitalistische Instinktbegriff. — 5. Darwin. — 6. Die Lamarckisten. — 7. Die neuere Tierpsychologie. — 8. Die Unterschiede der instinktiven und der verstandesmäßigen Handlungen. — 9. Die Frage des Bewußtseins und des Gefühls. — 10. Die histologische Grundlage. — 11. Die Unterschiede der Tierseele und der Menschenseele. — Anhang: Die Gehirne der Bienen und Ameisen.

Frankfurter Zeitung vom 20. Nov. 1910:

. . . Es darf als ein Verdienst dieser Schrift bezeichnet werden, wenn der Begriff des „Instinktes" wieder rehabiliert dasteht und in der naturwissenschaftlichen Literatur dank seiner nunmehrigen modernen Fassung verwendbar geworden ist. Die Schrift darf füglich bezeichnet werden als zu dem eisernen Bestande von jenen Büchern gehörig, deren der heutige Naturforscher, speziell der auf biologischem Gebiete tätige, in seiner Bibliothek unbedingt bedarf. Nicht weniger aber dürfte sie seinerseits auch den Philosophen, andererseits den Juristen interessieren, als zuverlässige Informationsquelle über eines der wichtigsten psychologischen Probleme, von größter Tragweite auch für die menschliche Gesellschaft.

Der Farbensinn
und
Formensinn der Biene

Von

Karl v. Frisch

Privatdozent und Assistent am Zoolog. Institut München

Mit 12 Abbildungen im Text und 5 Tafeln

Sonderabdruck aus

„Zoologische Jahrbücher". Abteilung für allgemeine Zoologie und Physiologie.
Herausgegeben von Prof. J. W. Spengel in Gießen
Band 35

Jena
Verlag von Gustav Fischer
1914

F917f

Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Inhalt.

	Seite
Einleitung	2
1. Nachweis des Farbensinnes	9
2. Beschaffenheit des Farbensinnes	30
3. Der Farbensinn der Biene und die Blumenfarben	43
a) Die Blumenfarben im allgemeinen	43
b) Der „Farbenwechsel“ der Blüten, „Kontrastfarben“ und „Saftmale“	51
c) Die „Lieblingsfarben“ der Bienen	56
4. Der Formensinn der Biene und seine Bedeutung beim Blumenbesuch	58
5. Mißglückte Dressurversuche mit unnatürlichen Formen; ein Beitrag zur Psychologie der Biene	73
6. Biologische Notizen	80
7. Die praktische Bedeutung eines farbigen Anstriches der Bienenstöcke; Versuche über die Orientierung der Bienen bei der Heimkehr in den Stock	86
a) Historisches	86
b) Eigene Versuche	90
c) Ratschläge für den Imker	101
Zusammenfassung	102
Anhang. Versuchsprotokolle zu Kapitel 1 und 2	105
Literaturverzeichnis	174
Erklärung der Abbildungen	180
Autorenregister	183
Sachregister	185

543708

Einleitung.

In den 60er Jahren des 18. Jahrhunderts legte J. G. KÖLREUTER (47) den Grund zu der Erkenntnis von der wechselseitigen Anpassung zwischen Blumen und Insecten, indem er als Erster auf die Notwendigkeit des Insectenbesuches für die Bestäubung vieler Blüten ausdrücklich hinwies. Bald darauf, im Jahre 1793, veröffentlichte CHRISTIAN KONRAD SPRENGEL (103) sein bekanntes Werk: „Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen"; es enthält in klarer Darstellung die Grundzüge der „Blumentheorie", welche die Eigentümlichkeiten, durch die sich die „Blumen" von den unscheinbaren Blüten unterscheiden, als Anpassungen an den Insectenbesuch auffaßt. Wie SPRENGEL in der Einleitung erzählt, war er bei der Betrachtung der Blüte eines Storchschnabels auf die feinen Haare an dessen Blumenblättern aufmerksam geworden und er dachte nach, wozu sie dienen könnten; er fand sie geeignet, die süßen Safttröpfchen der Blumen vor der Verwässerung durch Regen zu schützen, ohne doch den Insecten den Zutritt zu ihnen zu verhindern. Und je mehr er die Untersuchung auf andere Blumen ausdehnte, desto mehr sah er ein, daß ihr süßer Saft „um der Insekten willen abgesondert werde, und, damit sie denselben rein und unverdorben genießen können, gegen den Regen gesichert sey." Ein Vergißmeinnicht brachte ihn auf den Gedanken, daß hier der gelbe Ring, welcher die Öffnung der Kronenröhre umgibt und gegen die himmelblaue Farbe des Kronensaumes so schön absticht, den Insecten beim Auffinden des Saftes als Wegweiser diene. Er fand auch bei anderen Blumen solche „Saftmale" und schloß nun: „Wenn die Krone der Insekten wegen an einer besonderen Stelle besonders gefärbt ist, so ist sie überhaupt der Insekten wegen gefärbt; und wenn jene besondere Farbe eines Teils der Krone dazu dient, daß ein Insekt, welches sich auf die Blume gesetzt hat, den rechten Weg zum Saft leicht finden könne, so dienet die Farbe der Krone dazu, daß die mit einer solchen Krone versehenen Blumen den ihrer Nahrung wegen in der Luft umherschwärmenden Insekten, als Saftbehältnisse, schon von weitem in die Augen fallen." Er konnte eine Bestätigung dieser Ansicht darin erblicken, daß diejenigen Blumen, welche des Abends aufbrechen, bei Tag aber geschlossen sind, keine bunten Blumenblätter, sondern eine große hellgefärbte Krone besitzen, „damit sie in der Dunkelheit der Nacht den Insekten in die Augen fallen. . . . Ein Saftmaal

hingegen findet bey ihnen nicht Statt. Denn hätte z. B. die weiße Krone einer Nachtblume ein Saftmaal von einer andern, aber auch hellen Farbe, so würde dasselbe in der Dunkelheit der Nacht gegen die Farbe der Krone nicht abstechen, folglich ohne Nutzen seyn. Hätte sie aber ein dunkel gefärbtes Saftmaal, so würde dies nicht in die Augen fallen, folglich eben so unnütz seyn, als jenes." Er erkannte auch, daß manche Blumen nicht durch ihre Färbung, sondern durch starken Duft, andere Blumen durch Farbe und Duft zugleich die Aufmerksamkeit der Insecten auf sich lenken; und „daß alle diese Anstalten sich zwar zunächst und unmittelbar auf die Insekten, vermittelst der Dazwischenkunft dieser aber auf die Blumen selbst beziehen, indem der letzte Endzweck derselben dahin geht, daß die Blumen von den Insekten befruchtet werden." Jene Blüten, die nicht durch Vermittlung der Insecten, sondern durch den Wind bestäubt werden, sind ohne süßen Saft, ohne auffallende Farben und Duft.

Diese Ausführungen Sprengel's haben im wesentlichen heute noch Geltung und enthalten bereits die wichtigsten Stützen der Blumentheorie. Doch wurde die Bedeutung der häufigen, zum Teil schon von Sprengel gekannten Vorkehrungen, welche Selbstbestäubung der Blüten verhindern und hierdurch die Mitwirkung der Insecten als Überträger des Pollens besonders erforderlich machen, erst viele Jahrzehnte später dem Verständnis nähergerückt, als Darwin (16, 17) diese Fragen wieder aufnahm und nachwies, daß Kreuzbefruchtung im allgemeinen für die Pflanzen von Vorteil ist. Darwin und Hermann Müller (62, 63) haben die Theorie Sprengel's durch zahlreiche neue Beobachtungen gestützt und ausgebaut und machten sie erst in weiteren Kreisen bekannt.

Doch, so einleuchtend diese Theorie war, so gut sie fundiert schien — die Zweifler ließen nicht auf sich warten. Zwar wurde die Bedeutung des Nektars nicht in Frage gezogen, so wenig wie die Bedeutung des Blumenduftes, der die Anwesenheit der Nektarquelle den Insecten schon auf Distanz verrät und sie hinleitet; aber jenes Merkmal der Blumen, das unseren Sinnen am meisten auffällt, ihre „Augenfälligkeit", bewirkt durch die Größe der Blumenblätter und ihre bunten Farben, sollte für den Blumenbesuch belanglos sein. Es war vor allem Plateau (68, 76—94), der sich bemüht hat, durch zahlreiche Versuchsreihen diese Ansicht zu begründen. Er fand, daß künstliche Blumen, auch wenn sie ihren Vorbildern auf das Sorgfältigste nachgeahmt waren, keine Anziehungs-

kraft auf die Insecten ausübten, daß diese sich auch durch Spiegelbilder von natürlichen Blumen nicht täuschen ließen, daß sie dagegen natürliche Blumen auch dann besuchten, wenn diese maskiert oder ihrer auffallenden Blumenblätter beraubt wurden, daß sie auffällige Blumen nicht mehr besuchten, wenn man die nektarhaltigen Teile von ihnen entfernte, daß sie dagegen unauffällige Blumen besuchten, wenn sie mit Honig beschickt wurden; aus diesen und ähnlichen Beobachtungen schloß er, daß sich die Insecten beim Blumenbesuch weder durch die Farbe noch durch die Form, sondern wahrscheinlich ausschließlich durch den Duft der Blüten leiten lassen.

In dieser Angabe steckt wohl ein richtiger Kern; es scheint nach den Untersuchungen Andreae's (2), daß Fliegen und gewisse niedere Bienenarten beim Blumenbesuch hauptsächlich dem Duft nachgehen; in der allgemeinen Fassung aber, in der Plateau den Satz ausspricht, ist er gewiß falsch; er gilt vor allem nicht für die bestangepaßten und häufigsten Blumenbesucher, die Hummeln und die Honigbiene. Hierin sind alle Autoren, welche die Plateau'schen Angaben kritisiert und nachgeprüft haben, einig (Andreae (2), Detto (18), v. Dobkiewicz (19), Forel (21), Giltay (28, 29), Kienitz-Gerloff (41, 42), Lovell (55—57), Reeker (97), Wery (109) u. a.). Ich sehe von einer eingehenden Besprechung der Plateau'schen Versuche und ihrer Kritik ab; auf manche Einzelheiten werde ich später zurückkommen; wer sich näher dafür interessiert, kann sich am raschesten in Forel's „Sinnesleben der Insekten" (21) orientieren. Hier genüge der Hinweis, daß vielleicht der größte Fehler Plateau's — den er in seinen letzten Arbeiten selbst zugeben und daraufhin auch seine Folgerungen einschränken mußte — der war, daß er mit dem Ortsgedächtnis der Bienen und Hummeln nicht rechnete, nicht berücksichtigte, daß die gleiche Biene zu den gleichen Blumen wiederkehrt, sich ihren Standort merkt und sie dort auch sucht, wenn sie maskiert oder ihrer Blumenblätter beraubt wurden.

Die späteren Untersucher haben denn auch gefunden, daß die Bienen und Hummeln, bei Berücksichtigung der nötigen Kautelen, maskierte oder der Blumenblätter beraubte Blumen nicht oder relativ schwach besuchen, daß sie aber gegen intakte, deutlich sichtbare Blumen auch dann anfliegen, wenn sie unter Glas sind und so ein Ausströmen von Duft verhindert ist, daß sie sich auch durch künstliche Blumen täuschen lassen usw. Daß sie sich aus nächster Nähe durch den Geruchssinn darüber orientieren können, ob eine Blume Nektar enthält oder nicht, hat wohl nie jemand geleugnet.

Auch auf andere Art suchte man den Nachweis zu führen, daß die Farben für die Blumen nicht belanglos sind: indem man den Farbensinn der Insecten prüfte und untersuchte, ob sie verschiedene Farben voneinander unterscheiden und ob sie bestimmte Farben, auf denen ihnen Futter geboten worden, auch unter veränderten Umständen auffinden lernen.

Schon Lubbock (58, 59) und Hermann Müller (64) waren auf Grund von Versuchen, in welchen den Bienen auf verschiedenfarbigen Unterlagen Honig geboten wurde, zu der Anschauung gekommen, daß diese Insecten Farbenunterscheidungsvermögen besitzen und gewisse Farben vor anderen bevorzugen. Den ersten Punkt hat Forel (21) bestätigt. Er ließ z. B. in seinem Zimmer eine Hummel auf einer blauen Scheibe Honig saugen. Die Hummel flog fort, kehrte wieder und untersuchte nun auch blaue Scheiben, die frei von Honig waren, mit großer Ausdauer, ließ dagegen rote Scheiben unbeachtet, auch wenn sie an die Stelle gelegt wurden, wo die Hummel zuletzt von der blauen Scheibe gefüttert worden war. Es blieb Forel nicht verborgen, daß ein solcher Versuch kein strenger Beweis für das Vorhandensein von Farbensinn ist. Die Farbe konnte auch an ihrem farblosen Helligkeitswert erkannt werden. Er dachte sich daher eine andere Versuchsanordnung aus, die ich erwähnen will, da sie der von mir benutzten Anordnung nahe kommt. Er ließ sich (21, p. 208, 209) einen großen Streifen Pappe mit einer Reihe von Feldern bemalen, die durch alle Schattierungen von Grau hindurch sich vom tiefsten Schwarz bis zum reinsten Weiß abstuften. Er wollte nun sehen, ob Bienen, die gewöhnt waren, auf blauem Papier Futter zu finden, ein reines blaues Papier auf allen Abstufungen des Grau erkennen würden; doch blieb der Versuch aus nebensächlichen Gründen unausgeführt. Nach Forel haben noch Lovell (56) und v. Dobkiewicz (19) ähnliche Versuche angestellt, die deutlich zeigen, daß die Bienen beim Aufsuchen einer Nahrungsquelle die Farben der Objekte beachten und sie als Merkzeichen verwerten.

So war denn das Ansehen der Sprengel'schen Lehre völlig wieder hergestellt; da erfolgte in jüngster Zeit ein neuer Angriff, der um so ernster schien, als eine gewaltige Zahl von Versuchen und eine durch die besten Mittel gestützte Versuchstechnik seine Grundlage bildeten; Carl v. Hess glaubt zu folgendem Ausspruch berechtigt zu sein (34, p. 670): „Es ist wohl verständlich, dass jener geistvolle Versuch Sprengels, die Farben der Blumen mit dem

Besuche der Insekten in Zusammenhang zu bringen, starken Anklang finden konnte, um so mehr, als er bis jetzt den einzigen Anhaltspunkt für das Verständnis der Entwicklung der Blumenfarben zu bieten scheint. Diese Hypothese setzt aber voraus, dass die Farben von den besuchenden Insekten, wenn nicht genau gleich, doch wenigstens bis zu einem gewissen Grade ähnlich gesehen werden, wie von uns; denn wenn die Farbenwahrnehmungen der Insekten von den unserigen wesentlich verschieden und von solcher Art sind, dass wir uns gar keine Vorstellung von ihnen machen können, dann dürfen wir, meine ich, auch nicht schliessen, daß Farben, die für unser Auge auffallend oder anziehend sind, es auch für die Bienen sein müssten. Das Vorhandensein eines dem unserigen auch nur entfernt ähnlichen Farbensinnes bei den Bienen ist aber durch meine Untersuchungen endgültig ausgeschlossen."

Wir müssen uns nun seine Untersuchungen, aus denen er diese Konsequenz zieht, näher betrachten. Zu ihrem Verständnis ist es nötig, an folgende Tatsache zu erinnern: die Helligkeitsverteilung in einem Spektrum ist für das normale, farbentüchtige Menschenauge eine andere als für das total farbenblinde Menschenauge. Wenn wir mit helladaptierten Augen ein Spektrum betrachten, erscheint uns die Gegend des Gelb am hellsten, von hier aus nimmt die Helligkeit nach dem langwelligen und nach dem kurzwelligen Ende hin in bestimmter Weise ab. Ein total Farbenblinder (und auch der normale Mensch, wenn er hinreichend dunkeladaptiert ist) sieht das Spektrum farblos, er unterscheidet darin nur verschiedene Helligkeiten; die hellste Stelle liegt aber für ihn nicht im Gelb, sondern im Gelbgrün bis Grün, und der rote Teil des Spektrums erscheint ihm sehr dunkel und am langwelligen Ende verkürzt. Durch messende Bestimmung erhält man zwei verschiedene Kurven der Helligkeitsverteilung im Spektrum, von denen eine für das farbentüchtige, die andere für das total farbenblinde Menschenauge charakteristisch ist.

Diese Kurven lassen sich in objektiver Weise auch bei Tieren feststellen, und v. HESS hat solche Bestimmungen in ausgedehntem Maße durchgeführt. Er kam zu dem Resultat, daß die Helligkeitsverteilung im Spektrum für Säuger, Vögel, Reptilien und Amphibien die gleiche ist wie für den normalen Menschen oder nur Unterschiede zeigt, die sich zwanglos aus den anatomischen Eigentümlichkeiten der Netzhaut der betreffenden Tiere (Einlagerung farbiger Ölkugeln) erklären lassen. Bei Fischen und bei allen untersuchten

wirbellosen Tieren (verschiedene See- und Süßwasserkrebse, Raupen, Mücken und Mückenlarven, Käfer, Bienen, Cephalopoden, Muscheln u. a.) fand er dagegen eine Übereinstimmung ihres Helligkeitssinnes mit dem des total farbenblinden Menschen. An Fischen hat er die Versuche am weitesten durchgeführt, und an diesen mag daher seine Methode kurz erläutert werden. Er setzte z. B. in ein Bassin positiv phototactische Jungfische; sie suchten, wenn das Bassin an verschiedenen Stellen verschieden hell beleuchtet wurde, die hellsten Stellen auf. Entwarf er nun in dem Bassin ein Spektrum, so sammelten sich die Fischchen in der Gegend des Gelbgrün bis Grün am dichtesten an, also an der Stelle, die dem total farbenblinden Menschenauge am hellsten erscheint. Um die Helligkeitsverteilung für Fische messend zu bestimmen, brachte er sie in ein Bassin, das zur Hälfte mit weißem Licht, dessen Intensität meßbar variiert werden konnte, zur anderen Hälfte mit einem bestimmten homogenen Lichte bestrahlt war und stellte nun für verschiedene Farben die Intensität des weißen Lichtes fest, bei welcher sich die Fische gleichmäßig in beiden Bassinhälften verteilten, bei welcher ihnen also offenbar das farbige Licht gleich hell erschien wie das weiße. Er erhielt so eine Kurve, die mit der Kurve der Helligkeitsverteilung für das total farbenblinde Menschenauge in auffallender Weise übereinstimmte.

Im Wesentlichen auf ähnliche Art sind die Versuche an wirbellosen Tieren durchgeführt. Bienen erwiesen sich für feinere messende Untersuchungen nicht geeignet; immerhin ließ sich folgendes feststellen: wurden etwa 50—60 Tiere aus dem Stock in ein Parallelwandgefäß gebracht, so eilten die positiv phototactischen Tiere, wenn ein Spectrum in dem Gefäß entworfen wurde, lebhaft nach dem Gelbgrün bis Grün. Wurde der Behälter zur Hälfte rot, zur anderen Hälfte blau belichtet, so eilten die Bienen ins Blau, auch wenn dem farbentüchtigen Menschenauge das Rot deutlich heller erschien; erst wenn das Rot viel heller gemacht wurde als das Blau, gingen die Bienen in die rote Hälfte (34, p. 660, 661); also auch hier fand v. Hess die zwei für den Helligkeitssinn des total farbenblinden Menschenauges charakteristischen Merkmale: die Verschiebung der hellsten Stelle nach dem Grün zu und den relativ geringen Reizwert langwelligen Lichtes.

Der Schluß war naheliegend, daß die Fische und die wirbellosen Tiere total farbenblind seien, und v. Hess glaubt zu diesem Schlusse um so mehr berechtigt zu sein, als er zeigte, daß die älteren Ver-

suche, einen Farbensinn bei Fischen und niederen Tieren nachzuweisen, durchaus den wesentlichen Unterschied zwischen Farbenunterscheidungsvermögen und Farbensinn nicht berücksichtigt hatten; mit dem Nachweis des ersteren ist ein Farbensinn noch nicht erwiesen; auch der total farbenblinde Mensch vermag Farben zu unterscheiden, er erkennt sie an ihrem charakteristischen farblosen Helligkeitswert. Und so konnten auch FOREL, LOVELL u. A. ihre Bienen an eine bestimmte Helligkeit gewöhnt haben, während sie sie an die Farbe zu gewöhnen glaubten.

So bestechend die v. HESS'schen Versuche auf den ersten Blick erscheinen mögen, beweisend sind sie nicht. Denn der Schluß, daß ein Tier, weil es das Spektrum in der Gegend des Gelbgrün bis Grün am hellsten und am langwelligen Ende verkürzt sieht, total farbenblind sein müsse, ist durchaus nicht zwingend; v. HESS meint, seine Befunde lehren, „dass die Bienen . . . sich in allen hier in Betracht kommenden Beziehungen so verhalten wie ein unter entsprechende Bedingungen gebrachter total farbenblinder Mensch" (36, p. 84); die wichtigste der „hier in Betracht kommenden Beziehungen" ist aber doch wohl die, ob Farben nach ihrer Qualität oder nur nach ihrer Helligkeit unterschieden werden. Und über diesen Punkt geben die v. HESS'schen Spektrumversuche gar keinen Aufschluß. Man wird ein Wesen, das die Farben lediglich nach ihrer Helligkeit unterscheidet, als total farbenblind bezeichnen, auch dann, wenn für dieses Wesen die Helligkeitsverteilung im Spektrum eine andere ist als für den total farbenblinden Menschen. Und man wird andrerseits einem Wesen, welches Farben nach ihrer Qualität unterscheidet, einen Farbensinn zusprechen, auch dann, wenn die Helligkeitsverteilung im Spektrum für dieses Wesen mit der für den total farbenblinden Menschen gefundenen Helligkeitsverteilung übereinstimmt. Daß Tiere mit solchem Helligkeitssinn, wie ihn v. HESS bei Fischen und Wirbellosen gefunden hat, total farbenblind sein müßten, ist eine Verallgemeinerung eines am Menschen gewonnenen Erfahrungssatzes — eine Verallgemeinerung, deren Berechtigung durch nichts erwiesen ist. Daß tatsächlich Fische, trotz ihres von v. HESS festgestellten Verhaltens, Farbensinn besitzen, habe ich kürzlich gezeigt (22—24), und im Verein mit KUPELWIESER (27) konnte ich das Gleiche für Daphniden nachweisen.[1])

1) v. HESS gibt dies freilich nicht zu. Er sucht meine Arbeiten dadurch zu diskreditieren, daß er immer wieder erklärt, sie seien laien-

Hiernach ist man auch nicht mehr berechtigt, bei Bienen und anderen wirbellosen Tieren aus ihrem oben geschilderten Verhalten im Spektrum auf totale Farbenblindheit zu schließen. Ebensowenig war aber ihr Farbensinn bisher erwiesen; v. Hess hat das unbestreitbare Verdienst, auf die Mängel der bisher gebräuchlichen Methoden zum Nachweise des Farbensinnes bei niederen Tieren hingewiesen zu haben.

Bei diesem Stand der Dinge schien es mir angezeigt, neue Versuche über den Farbensinn der Bienen anzustellen; die Resultate habe ich in zwei Vorträgen (25, 26) zum Teil schon kurz publiziert. Bevor ich an ihre ausführliche Schilderung gehe, möchte ich Jenen danken, ohne deren Hilfe ich die Arbeit in dieser Weise nicht hätte durchführen können. Durch den Umstand, daß auf dem väterlichen Landsitze am Wolfgangsee, wo diese Arbeit in den Sommern 1912 und 1913 entstanden ist, eine beträchtliche Zahl von Freunden und Verwandten zu gemeinsamem Ferienaufenthalt zusammenströmt, stand mir ein ganzer Stab von zuverlässigen Hilfskräften zu gebote, die, wie man sehen wird, für die Mehrzahl der Versuche nötig waren. Besonderen Dank schulde ich meinem Freunde Dr. Otto Koehler und vor allem Herrn Hofrat Sigmund Exner, der mir stets mit Rat und Tat beigestanden hat.

1. Nachweis des Farbensinnes.

Daß sich die Insecten an gewisse Farben gewöhnen, auf sie „dressieren“ lassen und sie von anderen Farben zu unterscheiden vermögen, darüber kann nach den Versuchen von Lubbock, Forel, Lovell, v. Dobkiewicz u. A. kein Zweifel herrschen. Die Frage

---

haft und ohne Kenntnis der Physik und Physiologie der Farben angestellt. Ein stichhaltiger Beweis für diese Behauptung wird nicht erbracht. Wo er mir „Versuchsfehler“ vorwirft, handelt es sich entweder um unzutreffende Behauptungen seinerseits oder um Details, die für das Wesen des Versuches gänzlich belanglos sind. Meine entscheidenden Versuche erklärt er sämtlich für unrichtig. Dabei pflegt er negative Resultate, die er bei einer von der meinigen wesentlich abweichenden Versuchsanordnung erhalten hat, als „Beweis“ für die „Unrichtigkeit“ meiner positiven Resultate ins Feld zu führen. Ich protestiere gegen diese in der Wissenschaft nicht übliche Methode der Polemik, und ich kann verlangen, daß v. Hess so wegwerfende Redensarten, wie sie namentlich in seinen letzten Publikationen auf Kosten einer sachlichen Kritik meiner Versuche überhandnehmen, entweder im einzelnen begründet oder unterläßt.

ist, ob diesem Farbenunterscheidungsvermögen ein Farbensinn zugrunde liegt oder ob die Insecten total farbenblind sind und die Farben nur nach ihrem farblosen Helligkeitswert unterscheiden und erkennen. Im letzteren Falle wäre die SPRENGEL'sche Lehre, daß die Blumenfarben „um der Insekten Willen" da seien, insofern nicht zutreffend, als nicht die Farbe der Blumen, sondern nur ihre Helligkeit von jenen als Merkzeichen benützt würde.

Welche Umstände hätten dann die Entwicklung der Blumenfarben veranlaßt? Was hätte vor allem die Entstehung jener komplizierten Einrichtungen im Bau der Blumenblätter bedingt, welche es bewirken, daß die Farben vieler Blüten zu den gesättigtesten Farben gehören, die wir im täglichen Leben zu sehen bekommen (EXNER, 20)?

Die erste und wichtigste Frage für mich war somit die nach dem Vorhandensein von Farbensinn bei den Insecten. Der Weg zu ihrer Entscheidung ist durch folgende Überlegung gegeben. Ist ein Tier total farbenblind, so sieht es eine Farbe, sagen wir ein Gelb, genau so wie ein Grau von bestimmter Helligkeit. In einer Serie grauer Papiere, welche in hinreichend feinen Helligkeitsabstufungen von Weiß bis zu Schwarz führt, muß also ein Grau enthalten sein, das für das Tier mit dem Gelb identisch ist. Wenn man ihm nun ein gelbes Blatt in einer solchen Serie grauer Blätter von gleicher Form, Größe und Oberflächenbeschaffenheit vorlegt, so kann es das gelbe Blatt nicht mit Sicherheit herausfinden, es muß dasselbe mindestens mit einem der grauen Blätter verwechseln. Man muß nur das Tier veranlassen, nach der gewünschten Farbe zu suchen, und dies geschieht am einfachsten durch Dressur mit Hilfe von Futter.

Ich habe die Untersuchung zunächst auf die Honigbiene (*Apis mellifica* L., deutsche Rasse) beschränkt, die für die Befruchtung der Blumen von all unseren Insecten die größte Rolle spielt und überdies aus verschiedenen Gründen zum Versuchstier hervorragend geeignet ist. Besonders sei betont, daß die Bienen auch bei Regen an die Futterstellen kamen, so daß die Versuche durch schlechte Witterung keine Unterbrechung erlitten; nur heftige Regengüsse oder große Kälte hielten die Tiere im Stock zurück.

Die Grauserie, welche ich im ersten Sommer (1912) verwendete, hatte ich mir selbst hergestellt, und zwar durch verschieden langes Exponieren von mattem Kopierpapier; die Serie führte in 30, für das menschliche Auge kaum unterscheidbaren Ab-

stufungen von Weiß bis zu Schwarz. Da sich im Laufe des Sommers herausstellte, daß die Anwendung einer derart fein abgestuften Grauserie unnötig ist (vgl. S. 20, 21), schränkte ich im zweiten Sommer (1913) die Serie auf 15 Nummern ein, die ich diesmal aus einer von H. Mitter in Leipzig (Neumarkt 9) bezogenen Serie mattgrauer Papiere (50 Nummern) derart auswählte, daß sie in möglichst gleichmäßigen Abstufungen von Weiß zu Schwarz führte. Im ersten Sommer befestigte ich die grauen und farbigen Papiere mit Reißnägeln auf der Unterlage (vgl. Taf. 1 Fig. 1); für die Fortsetzung der Versuche im zweiten Sommer hatte ich sie auf Karton aufziehen lassen, wodurch die Reißnägel überflüssig wurden (vgl. Taf. 1 Fig. 4).

Die Maße der Papiere waren im ersten Sommer ca. 10×15 cm, im zweiten Sommer 15×15 cm. Zu erwähnen ist noch, daß ich im zweiten Sommer an 3, schließlich an 4 Plätzen zugleich arbeitete, deren gegenseitige Lage und Entfernung aus der Skizze Fig. M, S. 81 zu ersehen ist. Die Versuche störten sich gegenseitig nicht, da, mit wenigen Ausnahmen, am gleichen Platze stets nur die gleichen Bienen verkehrten (vgl. Kap. 6).

Ich begann damit, daß ich im Freien, an einer vor Regen und direktem Sonnenlicht geschützten Stelle (bei *a*, Fig. M, S. 81) auf einem hölzernen Tische die aus 30 Nummern bestehende Grauserie in beliebiger Reihenfolge, nicht nach der Helligkeit geordnet, befestigte; an zwei beliebig gewählten Stellen wurden zwischen ihnen zwei mattgelbe Papiere[1]) (Taf. 5 No. 4) von gleicher Größe eingefügt. Diese 32 Papiere wurden in mehreren Reihen angeordnet, so daß sie eine rechteckige Fläche bedeckten. Auf jedes Blatt wurde ein Uhrschälchen mit abgeflachtem Boden (Durchmesser 4 cm) gesetzt; die beiden Uhrschälchen auf den gelben Papieren wurden mit Honig gefüllt, die anderen blieben leer. Neben dem Tische breitete ich einige große, mit Honig bestrichene Papierbogen aus. Es währte nicht sehr lange, so wurden diese von Bienen entdeckt, und es entwickelte sich ein lebhafter Verkehr zwischen der neuen Futterquelle und einem etwa 100 m davon entfernten Bienenhaus (B_2, Fig. M, S. 81). Bald wurden auch die Honigschälchen auf den gelben Papieren von ihnen gefunden, und ich entfernte nun die großen Papierbogen und fütterte ausschließlich aus den Uhrschälchen

1) Ich benutzte die bekannten Hering'schen Papiere, bezogen von Rietzschel in Leipzig, Kreuzstr. 12. Die Farbenserie besteht aus 16 Nummern. Auf Taf. 5 sind Proben von ihnen aufgeklebt.

auf den gelben Papieren, anfangs mit Honig, am folgenden Tage und von da ab fast ausschließlich mit konzentriertem Zuckerwasser, das ebenso gierig genommen wurde. Füllt man die Schälchen ständig nach, sobald sie leergetrunken sind, so wachsen die Scharen der kommenden Bienen bald ins Maßlose. Ich fütterte daher in Zwischenräumen von etwa $^1/_2$ Stunde[1]); sobald die Schälchen leer sind, verfliegen sich die meisten Bienen sehr rasch, und erst wenn nach neuerlicher Fütterung die ersten Bienen mit gefülltem Magen in den Stock heimkehren, schwillt die Zahl der Besucher in wenigen Minuten zur früheren Höhe an; diese Bienen sind dann durchaus oder doch in weit überwiegender Mehrheit die gleichen wie zuvor, wovon man sich durch Markierung überzeugen kann. Bei Einhaltung dieser Futterzeiten betrug die Gesamtzahl der Individuen, welche an einem Versuchsplatze verkehrten, angenähert 200.

Um eine Dressur auf einen bestimmten Ort zu vermeiden, wurde — und dies gilt auch für alle folgenden Versuche — die Lage der gelben Papiere häufig (fast vor jeder Fütterung) gewechselt. Auch wenn dies soeben geschehen war, flogen die Bienen, schon am zweiten Tage der Dressur, ohne zu suchen, direkt auf die gelben Papiere los. Hierbei war nun freilich zunächst nicht zu entscheiden, ob sie nicht durch den Geruch des Zuckerwassers geleitet wurden.

Ich machte nun nach 2tägiger Dressur folgenden Versuch. Ich nahm zwei neue, unbenützte gelbe Papiere, denen also noch kein Bienengeruch anhaftete, ebenso zwei neue Schälchen für dieselben; die zwei alten gelben Papiere wurden entfernt, graue an ihrer Stelle befestigt und die neuen gelben an zwei anderen Stellen eingefügt. Dann füllte ich sämtliche Uhrschälchen, auch die auf den grauen Papieren, mit Zuckerwasser. Nun waren auf den verschiedenen Papieren für die Bienen alle Bedingungen gleich bis auf die Farbe und Helligkeit. Waren sie total farbenblind, erkannten sie also das Gelb nur an seinem farblosen Helligkeitswert, dann mußten jene grauen Papiere, welche für sie den gleichen Helligkeitswert besaßen, ebenso stark besucht werden wie die gelben; besaßen sie aber Farbensinn, so war eine Bevorzugung bestimmter grauer Papiere nicht zu erwarten, und die gelben Papiere mußten vor allen grauen bevorzugt werden. Das letztere trat ein. Die Bienen flogen ohne Zögern nach den gelben Papieren und drängten sich auf diesen um

1) Meist von ca. 7 Uhr früh bis ca. 6 Uhr abends.

das Zuckerwasser, während die vielen mit Zuckerwasser gefüllten Schälchen auf den grauen Papieren unbeachtet blieben.

Ich zählte mit einer Anzahl von Hilfsarbeitern die Bienen, die sich während der ersten 10 Minuten auf den Papieren niederließen. Hierbei wurde, um Unsicherheiten zu vermeiden, jede Biene gezählt, die sich *setzte*, gleichgiltig, ob sie vom Stock her ankam oder etwa nach kurzem Auffliegen zu dem gleichen Papier zurückkehrte, auf dem sie schon gesessen hatte (dies gilt auch für alle folgenden Versuche). Es setzten sich während der 10 Minuten 29 Bienen auf das eine, 45 auf das andere gelbe Papier, dagegen nur 3 insgesamt auf alle 30 grauen Papiere, und zwar eine auf Grau No. 13 [1]), eine auf No. 17, eine auf No. 21 (diese letztere wurde durch einen Windstoß in das Zuckerwasser der betreffenden Schale hineingeblasen).

Nun wurde das Zuckerwasser aus den Grauschälchen wieder entfernt, und die Bienen bekamen, wie vorher, nur auf Gelb Futter.

Der Versuch wurde nach 2 Stunden wiederholt, mit dem Unterschiede, daß nur *ein* reines gelbes Papier (natürlich wieder an einer neuen Stelle) in die Grauserie eingefügt, das andere gelbe Papier durch ein beliebiges graues ersetzt wurde; ferner blieben diesmal eine *volle halbe Stunde* sämtliche Uhrschälchen mit Zuckerwasser gefüllt, und wir zählten während dieser Zeit alle Bienen, die sich setzten. Es waren dies 275 auf dem gelben Papier (das Schälchen mußte wiederholt nachgefüllt werden), dagegen nur 24 auf den grauen Papieren. Diese verteilten sich auf die 31 grauen Papiere folgendermaßen: 1 auf No. 1, 1 auf No. 3, 1 auf No. 18, 2 auf No. 19, 1 auf No. 22, 5 auf No. 25, 3 auf No. 26, 4 auf No. 27, 6 auf No. 29.

Am gleichen Tage machten wir noch einen anderen Versuch. Es wurden wieder zwei neue gelbe Papiere, mit reinen Uhrschälchen versehen, an zwei neuen Plätzen befestigt, und diesmal blieben alle Uhrschälchen, auch die auf den gelben Papieren, leer.[2]) Der Bienenbesuch war sehr rege, und es ließen sich während der folgenden 5 Minuten 220 Bienen auf den beiden gelben Papieren nieder, wo

1) Ich habe die grauen Papiere ihrer Helligkeit nach numeriert, das hellste mit No. 1, das dunkelste mit No. 30, die im zweiten Sommer verwendete Grauserie entsprechend von 1—15.

2) Auch bei fast allen folgenden Versuchen waren alle Papiere mit leeren reinen Uhrschälchen beschickt. Ich pflegte vor Beginn eines Versuches das Uhrschälchen auf der Dressurfarbe zu füllen und dann zu warten, bis die anwesenden Bienen sich vollgesogen hatten und abgeflogen waren. Dann konnte man sicher sein, daß nach wenigen Minuten zahlreiche Bienen kommen würden (vgl. S. 12), und konnte in der Zwischenzeit ungestört die nötigen Vorbereitungen treffen.

sie dichte Klumpen bildeten, die sich in und neben den leeren Uhrschälchen herumwälzten; die beiden gelben Blätter waren ziemlich weit voneinander entfernt, und man sah häufig Bienen von einem Blatt auffliegen, um sich sogleich auf dem anderen niederzulassen. Keine einzige Biene setzte sich auf eines der 30 grauen Papiere.

Es lag mir daran, das Versuchsergebnis auch photographisch festzuhalten. Da sich die dunklen Bienenkörper auf den Photographien vom gelben Untergrund schlecht abhoben, dressierte ich sie nun in gleicher Weise auf Blau (No. 13, Taf. 5). 24 Stunden nach Beginn der Dressur machten wir den ersten Versuch: ein reines blaues Blatt mit einem reinen Uhrschälchen wurde an einer neuen Stelle in der Grauserie befestigt; es ließen sich auf ihm binnen 4 Minuten 282 Bienen[1]) nieder, während sich auf die 31 grauen Papiere insgesamt nur 3 Bienen setzten, und zwar eine auf Grau No. 17, eine auf No. 20, eine auf No. 27.

Eine Stunde später wiederholte ich den gleichen Versuch, abermals mit einem neuen, an einem anderen Ort befestigten, mit einem reinen Uhrschälchen beschickten blauen Papier; sämtliche Uhrschälchen ohne Zuckerwasser. Ich entfernte den Versuchstisch von seinem gewohnten Platze und stellte ihn einige Meter davon in die Sonne; ein Teil der Bienen schwärmte an dem Platze, wo der Tisch vorher gestanden hatte, suchend umher, ein großer Teil aber fand ihn sogleich auf und stürzte sich auf das reine blaue Papier und sein leeres Uhrschälchen dieses Bild ist in der Photographie Taf. 1 Fig. 1 festgehalten. (Es wurde der Tisch von oben herab photographiert.) Die rechts von dem blauen Papier sichtbaren Bienen sind zufliegende Tiere, wie man an ihrem Schatten erkennt.

Wie sehr sich die dressierten Bienen durch die Wahrnehmung der Farbe, wie wenig sie sich durch den Geruch des gewohnten Zuckerwassers leiten ließen, zeigt folgender, am gleichen Tage unter-

1) Die Zahl ist wohl beträchtlich höher als die Zahl der an diesen Versuchen beteiligten Bienen; denn man sah häufig, wie sich Bienen, als sie auf dem blauen Papiere nichts fanden, in die Luft erhoben und suchend über dem Tische umherschwebten, um sich alsbald neuerdings auf dem blauen Papiere niederzulassen. In diesem Falle wurden sie natürlich (vgl. S. 13) doppelt gezählt.

Wenn ein Papier derart stark von Bienen besucht wurde, kann ich nicht dafür einstehen, daß das Zählungsergebnis genau richtig ist; doch wurde stets in zweifelhaften Fällen eher zu wenig als zu viel gezählt, so daß die angegebenen Zahlen wohl zu niedrig, nicht aber zu hoch sein können.

nommene Versuch. Zur Erleichterung der Vorbereitung versah ich einen zweiten Tisch in gleicher Weise wie den Dressurtisch mit einer Grauserie und fügte an einem beliebigen, vom Orte der letzten Fütterung abweichenden Platze — hierauf wurde bei allen Versuchen streng geachtet, und ich brauche es wohl weiterhin nicht mehr zu erwähnen — ein reines blaues Blatt ein. Nun wurden sämtliche Uhrschälchen mit Zuckerwasser gefüllt nur auf das blaue Papier wurde ein reines, leeres Schälchen gesetzt. Dann wurde der Dressurtisch rasch entfernt und der vorbereitete Versuchstisch an seine Stelle gesetzt. Auch jetzt stürzten sich die Bienen scharenweise auf das blaue Papier und ließen die gefüllten Schälchen, welche in nächster Nähe auf den grauen Papieren standen, zunächst ganz unbeachtet. Bevor die Aufnahme (Taf. 1 Fig. 2) gemacht wurde, hatte eine Biene in einem der Grauschälchen das Zuckerwasser entdeckt, und zu ihr gesellten sich bald mehr (im Bilde links unten); doch brauchte es eine beträchtliche Zeit, bis in einer größeren Zahl von Grauschälchen das Zuckerwasser entdeckt wurde, und immerwährend tummelten sich zahlreiche Bienen um das leere Blauschälchen (links von diesem erkennt man in dem Grauschälchen eine ins Zuckerwasser gefallene Biene).

Der Versuch mißlingt freilich, wenn man statt Zuckerwasser den stark duftenden, vielleicht auch an seinem Aussehen von den Bienen erkannten Honig anwendet; zwar fliegt auch dann die große Mehrzahl der Bienen gegen das blaue Papier an, bevor sie sich aber setzen, schwenken sie ab und landen nach kurzem Suchen an einem der Honigschälchen; einige Bienen setzten sich auch bei dieser Versuchsanordnung auf das leere blaue Papier. Als ich sämtliche Uhrschälchen, auch das auf dem Blau befindliche, mit Honig beschickte, ließen sich in den ersten Minuten auf dem blauen Papier allein ca. doppelt so viel Bienen nieder als auf allen 15 [1]) grauen Papieren zusammen.

Ich modifizierte auch den Versuch in der Weise, daß ich sämtliche Uhrschälchen entfernte. Die Bienen ließen sich durch diese Veränderung nicht stören und flogen auch unter solchen Umständen auf das reine blaue Papier. Der entstehende Bienenklumpen wälzte sich auf dem blauen Blatt hin und her, und zwar meist am Rande des Papiers, wo er am besten Halt fand (Taf. 1 Fig. 3).

Schließlich gebe ich auf Taf. 2 Fig. 5 die Aufnahme eines Ver-

1) Diese Versuche stammen aus dem Sommer 1913, wo ich eine nur aus 15 Nummern bestehende Grauserie verwendete (vgl. S. 11).

suches wieder, bei dem die Grauserie in geordneter Reihenfolge aufgesteckt wurde, um ihre kontinuierliche Abstufung zu zeigen. In der Mitte wurde ein neues blaues Blatt angebracht, sämtliche Uhrschälchen waren leer und rein.

Gegen die bisher geschilderten Versuche könnte man einige Einwände erheben, die ich nun besprechen möchte.

Erster Einwand: Die hohe Zahl der die Dressurpapiere besuchenden Bienen beweist nichts; denn sobald sich eine oder mehrere Bienen an einer Stelle niederlassen, setzen sich die übrigen dazu.

Daß einige, manchmal eine einzige sitzende Biene unter Umständen eine große Anziehungskraft auf andere Bienen ausübt, kann niemandem verborgen bleiben, der sich auch nur kurze Zeit mit derartigen Versuchen beschäftigt. Auch dann, wenn in den bisher geschilderten Versuchen die große Masse der Bienen nur durch das Beispiel der ersten sich setzenden Tiere veranlaßt worden wäre sich niederzulassen, bliebe die Tatsache bestehen, daß die ersten Bienen sich stets auf die Dressurfarbe und nicht auf eines der vielen grauen Blätter setzten. Man kann aber zeigen, daß das Resultat im wesentlichen das gleiche bleibt, auch wenn man die Klumpenbildung ganz verhindert. Ich legte den Blau-dressierten Bienen ein reines Blau in einer Grauserie vor, sämtliche Uhrschälchen waren leer und rein. Und nun wurde jede sich setzende Biene sofort aufgejagt; es setzten sich während 5 Minuten 2 Bienen auf Grau No. 3, 2 auf No. 4, 2 auf No. 7, 2 auf No. 10, 2 auf No. 11, 1 auf No. 15, keine auf eines der übrigen 9 grauen Papiere [1]), dagegen 63 auf das eine blaue Papier. Wenn man bedenkt, daß durch das fortwährende Aufscheuchen der einzelnen Bienen auch andere verjagt und am Niedersitzen verhindert werden mußten, wird man zugeben, daß dieses Resultat im wesentlichen das gleiche ist wie das der früher mitgeteilten Versuche. Immerhin wäre bei diesen wahrscheinlich die Frequenz der Dressurfarbe etwas niedriger geblieben, wenn nicht ein Bienenklumpen eine Anziehung auf andere Bienen ausüben würde, und ich lege daher auf die große Höhe der Zahlen kein besonderes Gewicht.

1) Der Versuch stammt aus dem Sommer 1913, Grauserie von 15 Nummern.

Der Grad dieser Anziehungskraft eines Bienenklumpens ist von den Umständen abhängig, und da dieser Punkt für die späteren Versuche von Bedeutung sein wird, will ich noch etwas näher darauf eingehen:

1. Haben die Bienen die Neigung, sich auf ein bestimmtes farbiges Papier zu setzen, so braucht es oft einige Sekunden, bis sie sich dazu entschließen; während dieser Zeit schwärmen sie über dem betreffenden Papier umher. Unter solchen Umständen kann die erste Biene, die sich auf das farbige Papier setzt, in kürzester Zeit alle anderen nach sich ziehen. Üben zwei Papiere angenähert die gleiche Anziehungskraft auf die Bienen aus, dann kann so dasjenige, auf welches sich zufällig die ersten Bienen niederlassen, in den nächsten Minuten einen wesentlich stärkeren Besuch erhalten als das andere.

2. Haben die Bienen die Wahl zwischen einem farbigen Papier, auf das sie dressiert sind, auf dem aber keine Biene sitzt, und einem grauen Papier, auf dem ein Bienenklumpen sitzt, so bildet die Dressurfarbe für sie eine weit stärkere Attraktion als der Bienenklumpen.

Hiervon kann man sich leicht durch folgenden Versuch überzeugen. Ich überdeckte die grauen Papiere und ein blaues mit einer größen Glasplatte. Die Blaudressierten Bienen ließen sich über dem blauen Papier auf der Glasplatte nieder und bildeten daselbst einen ansehnlichen Klumpen. Nun verschob ich die Glasplatte samt den Bienen derart, daß der Klumpen mitten auf ein graues Papier geriet. Binnen $^1/_4$—$^1/_2$ Minute bildete sich auf dem Blau ein neuer Bienenklumpen und

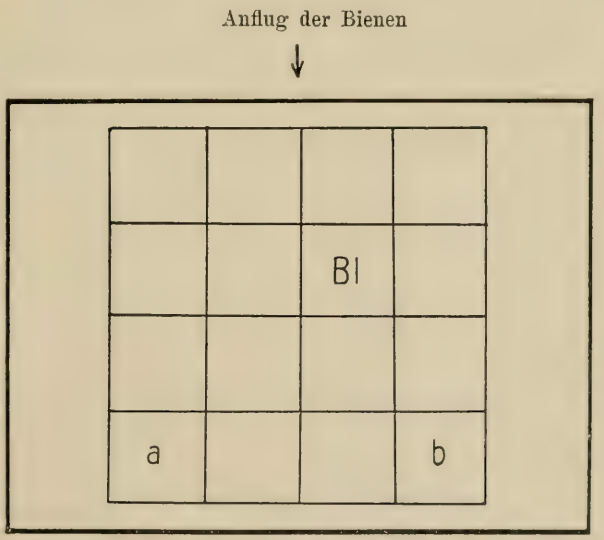


Fig. A.

der alte, aufs Grau versetzte, erhielt nicht nur keinen wesentlichen Zuzug, sondern löste sich in kurzer Zeit völlig auf. Ich habe diesen Versuch oftmals wiederholt und hierbei die Bienen manchmal auf ein Grau versetzt, das für den total farbenblinden Menschen den gleichen farblosen Helligkeitswert besitzt wie das Blau, in anderen Fällen versetzte ich sie auf ein dunkleres oder ein helleres Grau — der Erfolg blieb stets der gleiche.

Noch eine weitere Versuchsreihe mag als Beleg für diesen Punkt angeführt werden. Die Bienen waren auf ein blaues Blatt in der aus 15 Nummern bestehenden Grauserie dressiert. *Bl* (Fig. A) soll die Stelle bezeichnen, an der die Bienen zuletzt vom Blau gefüttert wurden. Ich nahm nun das Zuckerwasserschälchen samt den daransitzenden, saugenden Bienen und setzte es bei *a* auf ein mittelgraues Papier; bei *b* wurde ein blaues, gleichfalls mit einem Zuckerwasserschälchen beschicktes Papier aufgelegt und das blaue Papier bei *Bl* durch ein graues ersetzt. Dann wurden die sich setzenden Bienen gezählt, solange, bis bei *b* etwa ebensoviel Bienen saßen wie bei *a*. Nach kurzer Zeit wurde der Versuch in gleicher Weise wiederholt, nur daß jetzt das blaue Papier bei *a*, das graue bei *b* aufgelegt wurde, und so noch mehrmals mit regelmäßigem Platzwechsel des grauen und blauen Papiers. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle enthalten:

	Anzahl der mit dem Zuckerwasserschälchen auf das graue Papier versetzten Bienen	Von den in der nächsten Zeit sich niederlassenden Bienen setzten sich	
		zu den Bienen auf dem grauen Papier	auf das blaue Papier
Versuch 1	ca. 15	2	5
„ 2	20	0	16
„ 3	ca. 20	0	10
„ 4	ca. 12	4	18
„ 5	20	1	20
„ 6	ca. 25	3	24

Solche Versuche habe ich noch mehrfach mit dem gleichen Erfolge wiederholt.

3. Werden die Bienen auf dem Versuchstisch durch keines der Papiere besonders angezogen, so kann ein zufälliges Niedersitzen einer oder mehrerer Bienen auf einem beliebigen Papier andere Bienen nachziehen und zur Bildung eines Klumpens Anlaß geben, der sich aber meist bald wieder auflöst und nur, wenn große Mengen von Bienen anwesend sind, gelegentlich länger (mehrere Minuten) bestehen bleibt.

Zweiter Einwand: Die Bienen erkannten vielleicht das farbige Papier nicht an seiner Farbe, sondern an geringen, durch die verschiedene Herstellungsweise der farbigen und grauen Papiere bedingten Unterschiede der Oberflächenbeschaffenheit.

Bei den im zweiten Sommer verwendeten grauen und farbigen Papieren waren solche Unterschiede für das menschliche Auge nicht erkennbar. Dagegen war bei den im ersten Jahre benutzten grauen Kopierpapieren gegen Ende des Sommers, als sie durch die Witterung schon etwas gelitten hatten, insofern eine geringe Differenz gegenüber den farbigen Papieren vorhanden, als die letzteren etwas matter erschienen. Ein solcher Unterschied könnte vielleicht für das Bienenauge viel auffallender sein als für das unsrige, und so könnte jemand auf den Gedanken kommen, daß die Bienen von vornherein das farbige Papier an einem minimalen derartigen Merkmal erkannt hätten.

Ist dies der Fall, dann muß natürlich jede stärkere Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit des farbigen Papieres den Erfolg der Dressur vollständig aufheben. Es wurde nun ein gelbes Papier durch Überziehen mit Firnis stark glänzend gemacht, und es zeigte sich, daß die Bienen auf das glänzend gelbe Papier ebenso gingen wie vorher auf das mattgelbe. Den gleichen Versuch wiederholte ich mit demselben Erfolge an Blau-dressierten Bienen mit blauem Papier. Wollte jemand noch einwenden, daß sie nun, unabhängig von allem Früheren, durch den starken Glanz des farbigen Papieres angezogen worden seien, so ist dem entgegenzuhalten, daß sie ein hell-, mittel- oder dunkelgraues Papier, das auf gleiche Weise glänzend gemacht und nebst dem glänzend-farbigen Papier in die Grauserie eingereiht war, nicht beachteten.

Dritter Einwand: Die Bienen könnten eine viel feinere Empfindung für Helligkeitsunterschiede haben als wir Menschen, und dann ist die Abstufung der Grauserie zu grob; wenn auch dem farbenblinden Menschenauge das farbige Blatt mit einem der grauen Blätter identisch schien, so war doch für das Bienenauge mit seinem feineren Helligkeitssinn noch ein Unterschied vorhanden, und sie könnten so in allen Versuchen die Dressurfarbe doch am farblosen Helligkeitswert erkannt haben.

Soll dieser Einwand zu Recht bestehen, so muß die Voraus-

setzung erfüllt sein, daß die Bienen mit derselben Exaktheit, mit der sie sich auf eine Farbe dressieren lassen, auf ein Grau von bestimmter Helligkeit zu dressieren sind.

Im ersten Sommer versuchte ich es mit einem mittleren Grau (Grau No. 15 der aus 30 Nummern bestehenden Grauserie). Das Verfahren war genau das gleiche wie bei der Dressur auf ein farbiges Papier. Der Platz des Dressurgrau wurde natürlich ebenso wie sonst der Platz der Dressurfarbe häufig verändert. Ich setzte die Dressur 9 Tage lang fort. Aber ebensowenig in den letzten wie in den ersten dieser 9 Tage war ein Erfolg der Dressur erkennbar, während die Bienen doch auf eine Farbe schon nach einem Tage vollkommen dressiert zu sein pflegen. Es war nicht einmal eine Bevorzugung der mittelgrauen Papiere vor den ganz hellen und ganz dunklen festzustellen, wie ich erwartet hatte, sondern die Dressur ist vollständig mißlungen. Die einzelnen Versuche sind im Anhang, Tabelle 1—5 (S. 105) aufgeführt. Ich gebe hier die Gesamtzahl der Bienen, welche bei diesen Versuchen gezählt wurden, in ihrer Verteilung auf die 30 Abstufungen der Grauserie wieder. [Um die von den grauen Papieren eingenommene Fläche auf ein Rechteck zu ergänzen, wurde ein weißes (No. 1) und ein schwarzes (No. 30) Papier doppelt genommen.]

No. der Grauserie	1	1a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	**15**
Bienenfrequenz	29	44	32	27	25	78	35	59	37	34	145	31	58	26	125	131

No. der Grauserie	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	30a
Bienenfrequenz	44	40	62	128	26	22	31	74	44	55	51	29	16	26	126	7

Überzeugender noch als das Resultat der Zählungen wirkt der unmittelbare Anblick der Bienen bei diesen Versuchen. Gänzlich ziellos schwärmen sie über dem Tische umher, während die auf eine Farbe dressierten Bienen schon im ersten Augenblick, noch bevor sich ein Tier gesetzt hat, die Dressurfarbe in auffallender Weise umschwärmen. Eben wegen dieser Ziellosigkeit geben hier auch kleine Bienenansammlungen auf diesem oder jenem Papier leicht zur Bildung großer Klumpen Anlaß (vgl. S. 18 Punkt 3) und daher die starken Sprünge in der Frequenzreihe.

Aus diesen Resultaten geht hervor, daß eine so fein abgestufte

Grauserie gänzlich überflüssig ist, und ich bediente mich daher, wie schon erwähnt, im zweiten Sommer einer anderen, nur in 15 Abstufungen von Weiß zu Schwarz führenden Serie. Mit dieser stellte ich noch zwei Versuchsreihen an, welche die eben geschilderten Befunde ergänzen: ich dressierte auf Schwarz und auf Weiß.

Schon der Umstand, daß in der neuen Grauserie die Anzahl der Abstufungen auf die Hälfte reduziert war, ferner die Anwendung von Extremen des Helligkeitsgrades mußte einem besseren Erfolge der Dressur günstig sein. Und tatsächlich war bei der Dressur auf Schwarz (Grau No. 15 dieser Serie) schon am 2. Tage ein klares Resultat vorhanden, indem die Bienen die dunklen Papiere deutlich bevorzugten. Aber hierbei blieb es nun auch während der sechstägigen Dressur. Ein sicheres Auffinden des Dressurschwarz war bei den Versuchen nicht zu erreichen, sondern bald auf diesem, bald auf jenem der drei dunkelsten Papiere, manchmal auch auf beträchtlich helleren, entstanden die Bienenklumpen.

Ich gebe hier wieder nur die Summe aller Bienen, die sich bei den Versuchen gesetzt hatten, in ihrer Verteilung auf die Abstufungen der Grauserie und verweise im übrigen auf die im Anhang, Tabelle 6—12, S. 107, mitgeteilten Versuche.

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bienenfrequenz	10	3	10	7	12	6	6	36	0	26	21	8	958	87	588

Merkwürdigerweise wollte die Dressur auf Weiß (Grau No. 1 der Serie), obwohl genau nach der gleichen Methode durchgeführt, zunächst absolut nicht gelingen; die Bienen flogen auch nach mehrtägiger Dressur wahllos nach allen grauen Papieren, so wie vordem die auf ein mittleres Grau dressierten Tiere. Offenbar war das Grau No. 1 für die Bienen von den nächst folgenden Abstufungen zu wenig verschieden, diese alle waren für sie „weiß" und da sie auf der Mehrzahl dieser „weißen" Papiere kein Futter vorfanden, blieb der Erfolg der Dressur aus. Es mag auch der Umstand mitgespielt haben, daß das weiße Papier an den Stellen, wo es von den Bienen mit Zuckerwasser benäßt wurde, etwas dunkler erschien.[1])

1) Das Papier wurde zwar häufig gewechselt, aber ganz konnte ich den Übelstand nicht beheben.

Ich verschaffte mir nun ein Papier, das beim Benässen nicht dunkelte und außerdem noch um eine Nuance heller weiß war als das Grau No. 1 meiner Serie. Und dieses mischte ich nicht unter die ganze Grauserie, sondern ich legte nur 4 Papiere (das Weiß, Grau No. 5, No. 10 und No. 15 [schwarz]) in kleinen Abständen voneinander auf einem gleichmäßig grünen Grunde auf und fütterte die Bienen von dem weißen Papier, dessen Platz, wie immer, häufig verändert wurde. Und so ging nun die Sache ebenso gut und ebenso rasch wie vorher mit Schwarz. Wenn ich nun die ganze Grauserie (natürlich lauter reine Papiere) auflegte, wurden die hellen Papiere vor den dunklen bevorzugt, ohne daß das Dressurweiß mit Sicherheit erkannt wurde. Die Summe der gezählten Bienen in ihrer Verteilung auf die Grauserie gibt die folgende Tabelle an (vgl. hierzu Anhang, Tabelle 13—16).

No. der Grauserie	Dressur-Weiß	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bienenfrequenz	228	5	124	2	29	1	23	0	1	0	0	1	0	0	2	2

Da sich also die Bienen bei der gleichen Versuchsanordnung, bei der die Dressur auf eine Farbe rasch und mit Sicherheit gelingt, weder auf ein mittleres Grau noch auf Schwarz oder Weiß mit Exaktheit dressieren lassen, so kann die Farbdressur nicht als Dressur auf ein Grau von bestimmter Helligkeit aufgefaßt werden.

Vierter Einwand: Die angebliche Dressur auf die Farbe ist in Wahrheit eine Dressur auf einen (für uns nicht wahrnehmbaren) spezifischen Geruch des farbigen Papieres.

Dieser Einwand ist tatsächlich erhoben worden, obwohl ich bereits in jener Mitteilung (25), in der ich die ersten Resultate kurz publizierte, schrieb:

„Auch aus anderen, gelegentlich gemachten Beobachtungen geht hervor, daß die dressierten Bienen der Farbe nachgingen, unabhängig von den Geruchsqualitäten und auch von der Form der Gegenstände: So wurde, als die Bienen auf Gelb dressiert waren, ein gelber Bleistift, mit dem ich meine Notizen machte, eifrig von ihnen untersucht; während ich ihn zwischen den Fingern hielt und schrieb, flogen sie an ihm auf und ab, wobei sie ihn mit dem Kopfe fast berührten, und ließen sich auch häufig auf ihm nieder. Und als sie auf Blau dressiert waren, wurde eines Tages mein Bruder, der

eine blaue Jacke trug und in einiger Entfernung von dem Versuchstisch, an einer anderen Seite des Hauses, Briefe schrieb, zum Mittelpunkt der suchenden Bienen, so daß er schleunigst seine Jacke auszog und abseits über einen Stuhl hängte, der nun von den Tieren umschwärmt wurde.“ [1])

Ich könnte diese Beispiele leicht vermehren und manches andere anführen, was gegen die Berechtigung des fraglichen Einwandes spricht. Doch will ich lieber einige neue Versuche schildern, deren Ausgang eine weitere Diskussion dieses Punktes überflüssig macht.

Ich legte meinen Bienen, die seit einigen Tagen in der üblichen Weise auf ein Blau (Taf. 5 No. 13) in der (aus 15 Abstufungen bestehenden) Grauserie dressiert waren, ein reines Blau in der Grau-

1) v. Hess (36, p. 85—87) legte „zur Prüfung dieser Angabe“ seinen Bienen, die er auf Blau dressiert hatte, einen gelben, mit Honig beschmutzten Bleistift vor und sah, daß sie diesen besuchten; auch eine blaue Jacke besuchten sie erst, als er sie mit Honig beschmutzte. Der Versuch zeigt nur — was jedermann weiß — daß Bienen durch Honig angelockt werden können. Bei den oben von mir erwähnten Beobachtungen war weder der gelbe Bleistift noch die blaue Jacke mit Honig beschmutzt.

v. Hess sagt weiter im Anschlusse hieran: „Die an biologisches Beobachten und Denken Gewöhnten könnten fragen, ob es denn wirklich nötig sei, eine der tausendfaltigen Erfahrung jedes sorgfältigen Bienenbeobachters so auffallend widersprechende Meinung, wie die hier durch v. Frisch vertretene, noch besonders zu erörtern und zu widerlegen: man könne ihnen doch unmöglich zumuten, zu glauben, bei so hochentwickelten und sonst so zweckmäßig organisierten Wesen, wie es die Bienen sind, hätte sich die so unzweckmäßige, ja schädliche Eigentümlichkeit entwickelt, daß die Tiere, wenn sie einmal einen oder zwei Tage auf einem vorwiegend blauen oder gelben Blütenfelde Nahrung gefunden haben, nunmehr auf alle vorwiegend blauen oder gelben Gegenstände flögen, auch wenn diese ihnen keinerlei Nahrung bieten und mit ihren natürlichen Honigspendern, den Blüten, so wenig Ähnlichkeit haben, wie Jacken und Bleistifte“. Ich habe diese absurde Behauptung nicht aufgestellt, sondern gesagt, daß Bienen, die auf ein viereckiges Stück blauen Papieres dressiert waren, auch an eine blaue Jacke flogen etc. Der blumenbesuchenden Biene dient neben der Farbe der Blüte auch ihre Form und vielleicht ihr Duft als Merkzeichen (vgl. Kap. 4). Auf die Form eines Viereckes lassen sich die Bienen nicht dressieren (vgl. Kap. 5); daher ist es nicht merkwürdig, daß sie auch andersartige, in der Nähe befindliche Gegenstände von der gleichen Farbe befliegen, wenn sie auf dem Dressurpapier kein Futter vorfinden.

Daß dies tatsächlich der Fall ist, davon haben sich auch die Mitglieder der deutschen Zoologischen Gesellschaft überzeugt, als ich ihnen

serie vor; sämtliche Uhrschälchen waren leer und rein. Es setzten sich binnen 5 Minuten insgesamt 13 Bienen auf graue Papiere (auf 10 verschiedene Nummern), dagegen 406 auf das blaue Papier. Dann legte ich, nachdem ich inzwischen einmal gefüttert hatte, abermals ein reines Blau an einer anderen Stelle in die Grauserie, deckte eine große Glasplatte über sämtliche Papiere und stellte auf diese, den darunter liegenden Papieren entsprechend, reine, leere Uhrschälchen. Meine Befürchtung, daß sich die Bienen durch den ungewohnten Anblick der Glasplatte würden abschrecken lassen, traf nicht zu, sondern es setzten sich binnen 5 Minuten insgesamt 10 Bienen auf graue Papiere (auf 5 verschiedene Nummern), dagegen 342 Bienen auf das Blau, d. h. auf die Stelle der Glasplatte, unter welcher das blaue Papier lag.

In den beiden folgenden Tabellen, welche zugleich die Anordnung der Papiere angeben, sind die Ergebnisse dieser beiden Versuche eingetragen.

8. August 1913.

8^{00-05}. Blau in der Grauserie, unbedeckt.

Anflugseite der Bienen.

$Grau_4$ 0	$Grau_2$ 1	$Grau_{11}$ 0	$Grau_7$ 0
$Grau_3$ 1	$Grau_6$ 1	**$Blau_{13}$** 406	$Grau_1$ 2
$Grau_5$ 2	$Grau_{13}$ 0	$Grau_9$ 1	$Grau_8$ 1
$Grau_{14}$ 1	$Grau_{12}$ 0	$Grau_{10}$ 1	$Grau_{15}$ 2

zu Pfingsten 1914 einige Versuche an Blau-dressierten Bienen demonstrierte (vgl. S. 27, 28). Es wurde bei dieser Gelegenheit wiederholt bemerkt, daß nach dem Entfernen des mit Zuckerwasser gefüllten Futterschälchens die nach Nahrung suchenden Bienen in auffallender Weise blaue Kleidungsstücke der Zuschauer und Zuschauerinnen umschwärmten. Die größte Verwunderung aber erregte der folgende Vorfall: ich hatte soeben Probeabzüge von den Tafeln der vorliegenden Arbeit erhalten und

8^{30-35}. Sämtliche Papiere mit einer Glasplatte bedeckt.

Anflugseite der Bienen.

$Grau_{10}$ 0	$Grau_{5}$ 0	$Grau_{7}$ 0	$Grau_{11}$ 2
$Grau_{6}$ 2	$Grau_{3}$ 1	$Grau_{2}$ 1	$Grau_{15}$ 0
$Grau_{13}$ 0	**$Blau_{13}$** 342	$Grau_{4}$ 4	$Grau_{8}$ 0
$Grau_{12}$ 0	$Grau_{9}$ 0	$Grau_{1}$ 0	$Grau_{14}$ 0

Ich habe diesen Versuch oftmals wiederholt. Auf Taf. 1 Fig. 4 ist die Photographie eines solchen wiedergegeben. Das Resultat war stets das Gleiche.

Auch nach einer anderen Methode führte ich solche Experimente durch. Ich besaß von früheren Untersuchungen her eine große Anzahl Glasröhrchen, die zum Teil mit grauen (MITTER'schen), zum Teil mit farbigen (HERING'schen) Papieren ausgekleidet waren. Fig. B stellt ein solches Röhrchen in

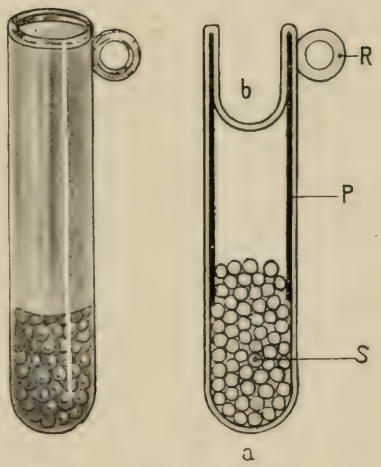


Fig. B.

entfaltete (zufällig in der Nähe des Versuchstisches) die Taf. 1, auf der die 4 blauen Dressurpapiere in blauer Farbe reproduziert sind; das Blau war auf der Probetafel dunkler und intensiver als auf der vorliegenden Taf. 1. Nach wenigen Sekunden hatten sich einige dressierte Bienen eingestellt, die gegen die kleinen blauen Felder anflogen und sich bald hier, bald dort auf einem der 4 Felder niederließen, wobei sie es mit ihrem Körper fast ganz bedeckten. Ich führte diesen Versuch in den nächsten Tagen noch oftmals vor. Er gelang in gleicher Weise, wenn der Probeabzug mit einer Glasplatte bedeckt war.

der Außenansicht und im Durchschnitt dar. Die Länge der Röhrchen betrug 8 cm. Wie man sieht, waren die Papiere (*P*) in den Röhrchen eingeschmolzen, es konnte also von einem etwaigen Duft des farbigen Papieres nichts nach außen dringen. Die Röhrchen dienten ursprünglich zur Verwendung im Wasser, worin sie aufrecht schwimmen sollten; deshalb sind sie mit Schrot (*S*) versehen.

Bei der Herstellung der Röhrchen ließ ich mir zuerst den Glasbestandteil liefern; die Röhrchen waren zunächst länger, als sie später werden sollten, und bei *a* offen. Nun wurden durch die untere Öffnung die Papiere eingeschoben, dann das Schrot eingefüllt und die Röhrchen zugeschmolzen. Es wurde sorgfältig darauf geachtet, daß die Röhrchen in allen Punkten — abgesehen von der Farbe der Papiere — untereinander gleich waren.

Ich dressierte nun die Bienen auf ein gelbes (Taf. 5 No. 5) Röhrchen: an einem steil aufgerichteten, mit Pergamentpapier überzogenem Brette wurden graue Röhrchen der verschiedensten Helligkeitsgrade[1]) und 3 gelbe Röhrchen vermittelst der Glasringe *R* (Fig. B) aufgehängt und in die Höhlung (*b*, Fig. B) der gelben Röhrchen Honig gefüllt. Nun wurde in der bekannten Weise dressiert. Als ich am folgenden Tage ein reines gelbes Röhrchen, das weder mit Bienen noch mit Honig in Berührung gewesen war, an einer neuen Stelle unter die Grauserie hängte, wurde es, im Gegensatz zu den grauen Röhrchen, sofort von den Bienen umschwärmt, und viele Tiere setzten sich darauf.

Auf Taf. 2 Fig. 6 ist die Photographie eines solchen Versuches reproduziert. Das mit × bezeichnete Röhrchen ist das gelbe.

Bei einem Zählversuch setzten sich binnen 5 Minuten auf die 15 Grauröhrchen insgesamt 34, auf das Gelbröhrchen allein 238 Bienen.

Da es bei der Fütterung unvermeidlich war, daß die Bienen das Pergamentpapier mit Honig beschmutzten, stellte ich mir zwei gleichmontierte Bretter her, von denen eines nur zur Dressur, das andere nur zu den Versuchen verwendet wurde. Daß die Versuchsröhrchen stets rein gehalten und ihre Plätze ständig gewechselt wurden, braucht wohl nicht mehr betont zu werden.

Ich dressierte dann die Bienen in gleicher Weise auf ein Blauröhrchen (No. 12, Taf. 5). Ein bereits 24 Stunden nach Beginn der Dressur unternommener Zählversuch hatte folgendes Resultat. Es

1) Ich hatte mir auch hier eine Serie von 15 Röhrchen ausgewählt, welche in kontinuierlicher Abstufung von Weiß bis zu Schwarz führte.

setzten sich binnen 5 Minuten auf das Blauröhrchen 368 Bienen, auf die Grauröhrchen insgesamt 60, und zwar in folgender Verteilung:

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bienenfrequenz	18	0	2	1	4	0	0	1	0	3	2	2	13	12	2

Etwas später, als die Bienen bereits mehrere Tage auf das Blauröhrchen dressiert waren, ergab die Wiederholung des gleichen Versuches folgende Zahlen: binnen 5 Minuten setzten sich 12 Bienen insgesamt auf alle Grauröhrchen, 490 Bienen auf das Blauröhrchen.

Die hohen Zahlen, trotz der kleinen Röhrchen, erklären sich dadurch, daß bei starkem Bienenbesuch auf dem oberen Rande des Farbgläschens rasch ein Klumpen entstand, der für die Kräfte der untersten Bienen zuviel war; der ganze Klumpen rutschte ab, platzte unten auf der Tischplatte auf, und nun sah man die Bienen nach allen Seiten auseinanderstieben und in den nächsten Sekunden sich wieder auf dem Farbröhrchen sammeln.

Taf. 2 Fig. 7 zeigt die Photographie eines Versuches mit derart blau-dressierten Bienen. Das mit × bezeichnete Röhrchen ist das blaue.

Da also an den Resultaten durch das Einglasen der Papiere nichts geändert wird, kann der Erfolg der Dressur nicht durch einen spezifischen Geruch der farbigen Papiere erklärt werden.

Fünfter Einwand: „Es ließ sich zeigen, dass sowohl die älteren Angaben Lubbock's und Forel's wie auch die neueren v. Frisch's, nach welchen eine „Dressur" der Bienen auf bestimmte Farben möglich sein sollte, sämtlich unrichtig sind. Sobald man den Bienen verschiedene Farben unter sonst gleichen Bedingungen sichtbar macht, erweist es sich als völlig unmöglich, sie an bestimmte Farben zu gewöhnen und durch solche anzulocken." (v. Hess, 36, p. 105.)

Zu diesem Schlusse kam v. Hess, als er die in meinem ersten Vortrage (25) mitgeteilten Befunde nachprüfte.

Ich brauche demgegenüber nur darauf hinzuweisen, daß ich den entscheidenden Versuch zu Pfingsten 1914 der deutschen Zoologischen Gesellschaft in Freiburg i. B. und am 10. und 11. Juli 1914 der Gesellschaft für Morphologie und Physiologie in München demonstriert habe. In Freiburg hatte ich 2 Tage vor der ersten Demonstration

am 31. Mai, damit begonnen, im Garten des Zoologischen Instituts Bienen des dortigen Bienenstandes in der früher geschilderten Weise (S. 11, 12) auf Blau zu dressieren. Am 2., 3. und 4. Juni zeigte ich in oft wiederholten Versuchen, daß die Bienen ein blaues Blatt in der aus 15 Nummern bestehenden Grauserie mit Sicherheit auffinden, auch dann, wenn alle Papiere mit einer Glasplatte bedeckt sind, und daß sie, wenn man ihnen nebeneinander (unter Glas) ein graues und ein blaues Blatt vorlegt, die beide für den total farbenblinden Menschen den gleichen farblosen Helligkeitswert besitzen, stets das Blau und nie das Grau befliegen u. a. m.[1]) Die gleichen Versuche zeigte ich in München. v. HESS hat freilich auch diese Gelegenheit, sich von der Richtigkeit meiner Angaben selbst zu überzeugen, unbenutzt vorübergehen lassen; er ist der Einladung nicht gefolgt. Seine oben zitierte Behauptung wird er aber nicht mehr gut aufrecht halten können.

Man wird nun danach fragen, wie es denn möglich sein konnte, daß seine Dressurversuche so gänzlich mißglückt sind.

Da fällt vor allem auf, daß ein großer Teil der Bienen, an welchen er seine Versuche anstellte, nicht oder nur mangelhaft dressiert war. Er zeichnete wiederholt eine große Zahl der an den Futterstellen vorhandenen Bienen und stellte fest, daß sich zu ihnen im weiteren Verlaufe „eine ansehnliche Zahl neuer, d. h. noch nicht eingeflogener Bienen zu gesellen pflegt"; als er einmal „150 Bienen gezeichnet hatte, war die Zahl der am folgenden Tage an den Futterstellen angetroffenen gezeichneten Bienen verhältnismäßig klein gegenüber der großen Zahl der nicht gezeichneten; nicht selten war eine ansehnliche Schar von Bienen beim Honig versammelt, unter welchen sich nicht eine einzige gezeichnete befand" (36, p. 93). Ohne jede Berechtigung (vgl. S. 12 und Kap. 6) nimmt er an, daß dies auch bei meinen Versuchen so gewesen sei. Zwar achtete er „bei allen Versuchen nicht so sehr darauf, wie viele Bienen auf den verschiedenen Farben, z. B. des Spektrums (s. u.), sich niederließen, als vielmehr darauf, ob auf die verschiedenen Farben sich gezeichnete als erste niederließen und ob dies solche waren, die einen oder bereits mehrere Tage auf Blau „dressiert" waren" (p. 94), doch findet man im Folgenden keine näheren Angaben da-

1) Die Demonstration ist in den „Verhandlungen der deutschen Zoologischen Gesellschaft" (26a) des Näheren beschrieben.

rüber. Die Anwesenheit zahlreicher nicht oder nur mangelhaft dressierter Bienen konnte die Resultate nur ungünstig beeinflussen.

Betrachten wir nun die Experimente selbst. Der „eindringlichste“ von allen seinen Versuchen ist der folgende. Er hatte seine Bienen 3 Tage lang auf Blau dressiert, indem er ihnen auf verschiedenartigen blauen Gegenständen Honig bot. Dann setzte er den Bienen ein großes (30 cm breites, fast 2 m langes) „Spektrum“ vor, das aus Pigmentpapierstreifen zusammengestellt war. Über dasselbe hatte er der ganzen Länge nach einen Honigstreifen gezogen. Die Bienen flogen an den Honig, ohne daß eine Bevorzugung des blauen „Spektrum“-Teiles erkennbar war. Derselbe Autor, der dies als Beweis für die „Unrichtigkeit“ meiner Versuche anführt, hat in der gleichen Arbeit einige Seiten vorher (p. 86) ausdrücklich darauf hingewiesen, „wie unbedeutende Mengen Honig schon genügen können, um die Bienen anzulocken“. Dies betont er an einer Stelle, wo es sich darum handelt, meine Angaben als unrichtig hinzustellen. Wo aber eine gleichmäßige Verteilung der Bienen über die ganze Länge des „Spektrums“ in seinem Sinne ist, nimmt er keinen Anstand daran, das „Spektrum“ in seiner ganzen Länge mit dem mächtigen Lockmittel des duftenden und frei sichtbaren Honigs zu versehen.

Auch in fast allen übrigen derartigen Versuchen, die v. Hess erwähnt, hat er den Bienen auf allen Papieren Honig geboten. Daß bei solchem Vorgehen auch mir die Versuche mißlungen sind, habe ich schon auf S. 15 erwähnt. Daß sie bei mir nicht so völlig negativ ausfielen wie bei v. Hess, dürfte auf einen weiteren von ihm begangenen Fehler zurückzuführen sein. Er hat den Bienen fast stets bei den Versuchen andere Gegenstände vorgesetzt als bei der Dressur; er hat sie z. B. auf Blau dressiert, indem er sie auf großen und kleinen blauen Papieren, die mit Glasplatten überdeckt waren, auf unbedeckten blauen Flanellstücken, blauem Enzian und künstlichen Kornblumen fütterte. Die lange schwarze Tafel mit dem Spektrum, die den Bienen in dem oben besprochenen Versuch vorgesetzt wurde, war ihnen gänzlich fremd, was ein Stutzen und Zögern zur Folge haben mußte und so die Entdeckung des überall gebotenen Honigs begünstigte.[1])

1) Sollte sich v. Hess darauf berufen wollen, daß nach meinen eignen Angaben die Bienen auch auf andersartige Gegenstände flogen, welche mit dem Dressurobjekt nur die Farbe gemeinsam hatten (vgl. S. 22 ff.), so ist dazu zu bemerken, daß dies nur dann geschah, wenn sie auf dem

Wie oft und in welchen Zwischenräumen die Versuche angestellt wurden, wird nicht gesagt. Natürlich wirkt jeder Versuch, bei dem den Bienen auf grauen Gegenständen oder auf anderen Farben als auf der Dressurfarbe Honig geboten wird, dem Erfolge der vorangegangenen Dressur entgegen und muß die späteren Versuche ungünstig beeinflussen.

v. HESS erwähnt kein einziges Experiment, bei welchem er eine der meinigen ähnliche Versuchsanordnung getroffen hätte. Da alle aus seiner Darstellung ersichtlichen Punkte, durch welche sich seine Anordnung von meiner unterschied, einem Gelingen der Versuche entgegenwirken mußten, sind seine negativen Resultate verständlich.

Ein weiterer Einwand gegen die geschilderten Versuche dürfte sich kaum finden lassen. Es sei noch erwähnt, daß mir, sobald nur die Bienen genügend lange dressiert waren, niemals ein solcher Versuch mißlungen ist, niemals in einer Grauserie, welche die Dressurfarbe enthielt, ein Bienenklumpen auf einem grauen Blatt entstanden [1]) oder auf der Dressurfarbe ausgeblieben ist. Und so wird man wohl den Bienen einen Farbensinn nicht mehr abstreiten können.

Ob dieser Farbensinn mit bewußten Empfindungen verbunden ist, ist eine Frage für sich; zu ihrer Entscheidung fehlt uns jeglicher Anhaltspunk.

2. Beschaffenheit des Farbensinnes der Bienen.

Eine beträchtliche Zahl von Naturforschern hat sich bereits um die Entscheidung der Frage bemüht, ob den Bienen ein Farbensinn zukommt oder nicht. Die Mehrzahl von ihnen glaubte die Frage in positivem Sinne beantworten zu können. Aber keiner hat versucht, einen Schritt weiter zu gehen und über die Beschaffenheit des Farbensinnes der Bienen Aufschluß zu gewinnen; nur die Wahrnehmbarkeit des Ultraviolett wurde mehrfach diskutiert.[2]) Man

---

Dressurtische kein Futter vorfanden, und daß sich auch dann nur die Minderzahl der Bienen so benahm, während die Mehrzahl hartnäckig die auf dem gewohnten Platze ausgebreiteten Papiere nach Futter absuchte.

1) Von den Versuchen mit gefüllten Schälchen abgesehen.

2) Über diesen Punkt können meine Versuche keinen Aufschluß geben. Nach v. HESS (34, p. 653ff.) geben ultraviolette Strahlen bei

findet sogar recht skeptische Ansichten darüber, ob es jemals möglich sein würde, über die Qualitäten des Farbensehens niederer Tiere etwas zu erfahren.

Mir schien es aussichtsvoll, mit Hilfe der im vorigen Kapitel geschilderten Dressurmethode einen Versuch in dieser Richtung zu unternehmen. Es boten sich zwei Wege: durch Dressur auf Papiere in möglichst vielen verschiedenen Farbennuancen mußte sich feststellen lassen, ob all diese unserem Auge farbig erscheinenden Papiere auch vom Bienenauge farbig gesehen werden oder ob etwa der Farbensinn der Bienen dem unsrigen gegenüber beschränkt ist. Und ferner: wenn man den auf eine bestimmte Farbe dressierten Bienen eine ganze Serie verschiedenfarbiger Papiere vorlegt, so ist zu erwarten, daß sie nicht ausschließlich die Dressurfarbe, sondern in geringerem Grade auch andere, ihnen ähnlich erscheinende Farben aufsuchen werden; sind diese anderen Farben jene, welche auch unserem Auge mit der Dressurfarbe ähnlich erscheinen, so kann man daraus auf einen dem unsrigen ähnlichen Farbensinn der Bienen schließen. Beide Wege habe ich eingeschlagen, und zwar naturgemäß gleichzeitig: sobald die Dressur auf eine bestimmte Farbe gelungen war, wurde auch untersucht, wie sich diese Bienen gegenüber der ganzen Farbenserie verhielten; der Übersichtlichkeit wegen werde ich aber hier die beiden Gruppen von Versuchen getrennt besprechen.

Ich schildere zunächst die Versuche, bei welchen den auf eine bestimmte Farbe dressierten Bienen ein reines Blatt der Dressurfarbe in der Grauserie vorgelegt wurde. Die Methode war genau dieselbe wie bei den im 1. Kapitel beschriebenen Experimenten. Bei allen Versuchen war die Dressurfarbe und die grauen Papiere mit leeren, sauberen Uhrschälchen beschickt.

Die Dressurversuche mit Gelb No. 4, Gelb No. 5, Blau No. 12 und Blau No. 13 (vgl. Taf. 5) sind schon im 1. Kapitel beschrieben. In gleicher Weise gelang die Dressur auf Orangerot No. 3, Gelbgrün No. 7, Violett No. 14 und Purpurrot No. 15. Ich brauche hierauf nicht näher einzugehen und kann auf die im Anhang, S. 121, 128,

Krebsen und Insecten zu einer (ziemlich unbedeutenden) Helligkeitswahrnehmung Anlaß, jedoch indirekt, indem sie in den Augenmedien Fluoreszenz hervorrufen, wobei das kurzwellige in längerwelliges Licht umgewandelt wird.

165 u. 171, mitgeteilten Protokolle verweisen. Andere Resultate lieferte die Dressur auf reines Rot[1]) und auf Grün.

Dressur auf Rot. — Als ich im Sommer 1912 meinen Bienen nach 2—6tägiger Dressur auf Rot No. 1 (Taf. 5) ein reines rotes Blatt in der Grauserie vorlegte, fanden sie es nicht mit Sicherheit auf, sondern besuchten angenähert ebenso stark die dunkelsten Papiere der Grauserie. Bei diesen Versuchen war schon in den ersten Augenblicken, noch bevor sich ein Tier gesetzt hatte, der wesentliche Unterschied gegenüber dem Verhalten der gelb- oder blau-dressierten Bienen zu erkennen: kein ausschließliches Umschwärmen der Dressurfarbe; aber auch nicht etwa ein zielloses Umherfliegen über dem Versuchstische; sondern von den dunkelsten grauen Papieren zu dem roten und wieder zu den schwarzen flogen sie kreuz und quer, jedes dieser Blätter umschwärmend, als wären diese alle für sie gleich. Und dann entstand bald auf dem roten, bald auf einem dunkelgrauen oder schwarzen Blatt zuerst der Bienenklumpen, je nachdem, wo sich gerade die ersten Bienen niederließen. Oft löste sich ein solcher Klumpen bald wieder auf, um sich rasch auf einem anderen Dunkelgrau von neuem zu versammeln. Oder es kam gleichzeitig auf dem roten und auf schwarzen Papieren zu Klumpenbildungen. Manchmal, jedoch selten, entstanden auch auf hellgrauen Papieren beträchtliche Bienenansammlungen.

Die Photographien Fig. 8 und 9 auf Taf. 2 können nur eine schwache Vorstellung von diesem Anblick geben. Zum Zweck der photographischen Aufnahmen wurde, nachdem der „Dressurtisch" entfernt worden war, der „Versuchstisch", auf dem eine Grauserie und ein rotes Blatt in anderer Anordnung aufgesteckt war, einige Schritte vom Dressurplatz entfernt in die Sonne gestellt. Es entstand ein großer Bienenklumpen auf einem schwarzen Blatt, ein kleinerer auf einem mittelgrauen (Taf. 2 Fig. 8). Nachdem die Bienen aufgejagt worden waren, versammelten sie sich gleich darauf auf dem roten (mit × bezeichneten) Blatt (Taf. 2 Fig. 9).

Die einzelnen Zählversuche sind im Anhang, Tabelle 17—21 (S. 113) angeführt. Hier gebe ich nur die Summe der gezählten Bienen in ihrer Verteilung auf die Grauserie und das Rot, aus den Tabellen 17—20.

---

1) Im Gegensatz zu Purpurrot. Spektral rein sind die HERING'schen roten Papiere natürlich nicht.

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	11	3	77	4	4	14	24	4	16	3	16	34	5	14	3	8

No. der Grauserie	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Rot_1
Bienenfrequenz	9	1	13	2	2	19	21	3	20	33	124	29	316	86	215

Im Sommer 1913 nahm ich diese Versuche für kurze Zeit nochmals auf und dressierte die Bienen auf Rot No. 1 in der neuen, aus 15 Nummern bestehenden Grauserie. Nach eintägiger Dressur war die Verteilung der Bienen bei zwei rasch nacheinander unternommenen Zählversuchen:

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Rot_1
Bienenfrequenz																
1. Versuch	0	0	2	1	1	7	5	3	1	5	4	3	3	7	305	11
2. Versuch	5	2	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	18	10	212
Summe	5	2	3	1	1	7	6	5	1	5	4	3	3	25	315	223

Das Nähere über diese Versuche findet man im Anhang S. 115, Tabelle 22 und 23.

Aus diesen Beobachtungen ist zu schließen, daß für das Bienenauge Rot und Schwarz sehr ähnlich oder identisch ist.[1])

Besonderes Interesse hatte die Dressur auf das Rot No. 2 (Taf. 5), da dieses ziemlich genau der Farbe des Mohnes und zahlreicher ornithophiler Blüten (vgl. Kap. 3a) entspricht. Dieses Rot wurde nun in der Mehrzahl der Versuche von den Bienen richtig aus der Grauserie herausgefunden (vgl. S. 116, Tabelle 24—29). Doch muß es ihnen noch außerordentlich dunkel erscheinen. Denn sie umschwärmten die dunkelgrauen und schwarzen Papiere in auffallender Weise, und es kam auch noch mehrmals auf Dunkelgrau und Schwarz zur Klumpenbildung (Tabelle 24, 25, 29).

Dressur auf Grün. Nach dieser Feststellung war ich auf den Ausgang der Gründressur sehr gespannt. Denn die Möglichkeit einer „Rotgrünblindheit" der Bienen war nicht von der Hand zu weisen, und es wäre doch ein schönes, biologisch interessantes

1) Zu dem gleichen Resultate ist auf anderem Wege v. Hess gelangt (vgl. p. 7).

Resultat gewesen, wenn das Grün des Laubes den Bienen farblos erschiene. Das letztere traf nun freilich nicht zu.

In der HERING'schen Farbenserie ist kein Grün enthalten, das mit dem Blattgrün übereinstimmt. Ich verschaffte mir daher ein anderes mattgrünes Papier[1]), das dem Grün des Laubes wenigstens nahekommt (Taf. 5 „grasgrün"). Dieses Grün wurde von den Bienen nach kurzer Dressur mit Sicherheit aus der Grauserie herausgefunden (vgl. Anhang, Tabelle 49, 50, S. 131). Es schien aber wünschenswert, die Versuche auch mit einer Farbe anzustellen, die dem Blattgrün nicht nur nahesteht, sondern mit ihm identisch ist. Zu diesem Zwecke färbte ich mattweiße Papiere mit Chlorophyllfarbstoff gleichmäßig grün, der durch Äther aus Blättern von *Urtica urens* extrahiert worden war. Ich verdanke den Extrakt der Freundlichkeit von Herrn Hofrat E. LUDWIG in Wien. Auch auf dieses Grün ließen sich die Bienen mit Leichtigkeit dressieren.

Mit dem HERING'schen Grün No. 9 (Taf. 5), welches etwas bläulicher ist als das Blattgrün, gelang die Dressur nicht mehr so gut; wurde den Bienen ein reines Grün No. 9 in der Grauserie geboten, so wurde es nicht, wie sonst das Dressurpapier, in auffallender Weise umschwärmt, und es dauerte oft eine beträchtliche Zeit, bis es zu einer Klumpenbildung auf dem Grün kam, manchmal blieb sie auf diesem auch ganz aus, dagegen wurden die grauen Papiere relativ stark besucht, und auch Klumpenbildungen waren auf ihnen nicht selten zu beobachten (vgl. Anhang, Tabelle 60—68, S. 138).

Die Dressur auf Blaugrün No. 10 und No. 11 (Taf. 5) mißlingt völlig. Ich habe die Bienen 6 Tage lang auf Blaugrün No. 10, 10 Tage lang auf Blaugrün No. 11 in der gewohnten Weise dressiert, ohne den geringsten Erfolg. So oft ihnen ein reines Blaugrün in der Grauserie geboten wurde, schwärmten sie planlos über dem Versuchstische umher; manchmal ließ sich während der ganzen Dauer eines Versuches überhaupt keine Biene auf den Tisch nieder, meist setzten sie sich auf graue Papiere der verschiedensten Helligkeit, bald hier, bald dort einen Klumpen bildend, gelegentlich entstand ein solcher auch auf dem Dressurgrün, jedoch nicht häufiger als auf vielen grauen Papieren. (Die Protokolle findet man im Anhange S. 143—150.)

Die Bienen zeigten also bei der Dressur auf Blau-

1) Von der Firma H. MITTER in Leipzig, Neumarkt 9.

grün das gleiche Verhalten wie bei der Dressur auf ein Grau von mittlerer Helligkeit (vgl. S. 20).

Aus den mitgeteilten Beobachtungen geht hervor, daß der Farbensinn der Bienen dem unsrigen gegenüber insofern beschränkt ist, als sie ein reines Rot von Schwarz und ein gewisses Blaugrün von Grau nicht unterscheiden können. Ob sie innerhalb der beiden Gebiete, in welche das Spektrum durch das für sie farblose Blaugrün zerlegt wird, innerhalb der „warmen" und „kalten" Farben, die Farbennuancen deutlich unterscheiden, läßt sich aus den bisher besprochenen Versuchen nicht entnehmen. Doch geben hierüber die folgenden „Verwechslungsversuche" einigen Aufschluß.

Die Methode war bei diesen Versuchen die folgende. Den auf eine bestimmte Farbe dressierten Bienen wurde die gesamte Farbenserie in beliebiger Anordnung vorgelegt, natürlich lauter reine Papiere und mit reinen, leeren Uhrschälchen beschickt; und nun wurden die sich setzenden Bienen und ihre Verteilung auf die Papiere notiert. Im Sommer 1912 fügte ich hierbei die farbigen Papiere in die Grauserie ein, derart, daß zwischen je zwei farbigen Papieren zwei graue aufgelegt wurden (vgl. die Tabelle S. 36); es schien mir vorteilhaft, ein unmittelbares Aneinandergrenzen der farbigen Papiere zu vermeiden. Im Sommer 1913 wurde hingegen bei diesen Versuchen nur die Farbenserie ohne die grauen Papiere aufgelegt; Kontrollversuche ergaben, daß die Resultate hierbei im wesentlichen die gleichen blieben.

Als ich im Sommer 1912 den Bienen, die auf Gelb No. 4 (Taf. 5) dressiert waren, die Farbenserie, unter die Grauserie gemischt, vorlegte, trat das ein, was ich erwartet hatte: die Dressurfarbe wurde am stärksten besucht, daneben aber auch in beträchtlicher Zahl diejenigen Farben, die für unser Auge mit dem Dressurgelb Ähnlichkeit hatten, während die anderen Farben sowie die grauen Papiere fast gar nicht beachtet wurden. Es sei hier der erste Versuch wiedergegeben, während ich bei den folgenden auf die im Anhang mitgeteilten Protokolle verweisen kann.

Die erste Tabelle gibt die Anordnung der farbigen und grauen Papiere bei diesem Versuche an; ferner ist in jede Rubrik die Bienenfrequenz während der viertelstündigen Dauer des Versuches eingetragen:

Anflugseite.

$Grau_{6}$ 0	Rot_{15} 0	$Grau_{9}$ 0	$Grau_{22}$ 0	$Blau_{14}$ 0	$Grau_{1}$ 1	$Grau_{7}$ 0	$Grün_{7}$ 29	$Grau_{12}$ 0	$Grau_{5}$ 1	$Blau_{13}$ 0	$Grau_{26}$ 0
$Grün_{10}$ 0	$Grau_{15}$ 0	$Grau_{25}$ 3	Rot_{16} 1	$Grau_{18}$ 0	$Grau_{19}$ 0	Rot_{1} 0	$Grau_{20}$ 1	$Grau_{13}$ 0	$Gelb_{5}$ 22	$Grau_{3}$ 1	$Grau_{29}$ 0
$Grau_{28}$ 0	$Grau_{21}$ 0	**$Gelb_{4}$** 599	$Grau_{23}$ 4	$Grau_{2}$ 8	$Grün_{9}$ 0	$Grau_{27}$ 1	$Grau_{17}$ 3	$Blau_{12}$ 1	$Grau_{4}$ 1	$Grau_{11}$ 0	Rot_{3} 3
$Blau_{11}$ 0	$Grau_{15}$ 0	$Grau_{30}$ 0	Rot_{2} 0	$Grau_{15}$ 0	$Grau_{24}$ 0	$Gelb_{6}$ 36	$Grau_{14}$ 1	$Grau_{8}$ 0	$Grün_{8}$ 0	$Grau_{16}$ 2	$Grau_{10}$ 1

Um die Anordnung der Papiere auf ein Rechteck zu ergänzen, war ein mittleres Grau (No. 15) dreimal vertreten.

In der folgenden Tabelle sind die Farben in geordneter Reihenfolge und die Bienenfrequenz für die drei Etappen der Zählung gegetrennt eingetragen:

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	0	0	2	225	17	28	23	0	0	0	0	1	0	0	0	0
„ zweiten 5 „	0	0	0	173	3	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
„ dritten 5 „	0	0	1	201	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summa	0	0	3	599	22	36	29	0	0	0	0	1	0	0	0	1

Die dritte Tabelle gibt die Bienenfrequenz der Grauserie in geordneter Reihenfolge an:

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	1	6	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
„ zweiten 5 „	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
„ dritten 5 „	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Summa	1	8	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0

No. der Grauserie	15b	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	1	0	1	0	0	0
„ zweiten 5 „	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
„ dritten 5 „	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Summa	0	2	3	0	0	1	0	0	4	0	3	0	1	0	0	0

Ein weiterer derartiger Versuch fiel im gleichen Sinne aus (Anhang, Tab. 37; vgl. auch Tab. 38).

Es schien wünschenswert, den Versuch auch unter solchen Bedingungen anzustellen, daß ein etwa vorhandener (für uns nicht wahrnehmbarer) Geruch der farbigen Papiere die Resultate nicht beeinflussen konnte. Ich habe daher im Sommer 1913, als die Bienen auf das in einem Glasröhrchen eingeschmolzene Gelb No. 5, welches ja dem $Gelb_4$ sehr nahe steht, dressiert waren (vgl. S. 26), solche Verwechslungsversuche wiederholt, wobei die ganze Farbenserie [1]) in beliebiger Reihenfolge an dem Versuchsbrett derart angeordnet war, wie es die Figg. 6 u. 7 auf Taf. 2 für die entsprechenden Versuche mit der Grauserie zeigen.

Ich führe hier nur die Summe der gezählten Bienen aus allen fünf (im Anhang, Tab. 39—43, S. 126, im einzelnen wiedergegebenen) Versuchen an:

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	9	14	131	475	862	273	275	30	1	2	10	10	0	14	3	2

In dieser Gesamt-Bienenfrequenz hat wiederum das Dressurgelb den stärksten Besuch aufzuweisen, und man könnte dies im Sinne eines feinen Unterscheidungsvermögens auch für Farbennuancen deuten. Bei einer genaueren Durchsicht der einzelnen Versuche müssen aber Bedenken aufsteigen. Nur in einem einzigen von den 5 Versuchen hat das Dressurgelb die stärkste Frequenz aufzuweisen (Tab. 43), in einem dagegen das Orangerot No. 3 (Tab. 39), in einem das Gelb No. 4 (Tab. 40), in einem das Gelb No. 6 (Tab. 41) und in einem das Gelbgrün No. 7 (Tab. 42); in allen Versuchen wurde außer dem $Gelb_5$ auch das $Gelb_4$ sehr stark besucht.[2])

Und als ich den auf Orangerot No. 3 und den auf Rot No. 2 dressierten Bienen die Farbenserie vorlegte, da besuchten sie die Dressurfarbe meist nur schwach oder gar nicht und wandten sich in der Regel vorwiegend den gelben Papieren zu, wie es die gelbdressierten

1) Natürlich jedes Farbpapier in einem Glasröhrchen eingeschmolzen, vgl. S. 26.

2) Daß bei der oben geschilderten Dressur auf Gelb No. 4 bei öfterer Wiederholung der Versuche auch das Gelb No. 5 stark besucht worden wäre, ist mir nach den späteren Erfahrungen sehr wahrscheinlich. Leider habe ich damals nur 2 derartige Versuche angestellt.

Bienen getan hatten (Tab. 30, 31 u. 33—35). Wie diese umschwärmten sie, bevor sie sich setzten, sehr lebhaft die gelben, gelbgrünen und das orangefarbene Papier, während sie die blaugrünen, blauen und purpurroten nicht beachteten. In gleicher Weise benahmen sich die Bienen, wenn sie auf Gelbgrün No. 7, auf das „Grasgrün" oder auf das mit Chlorophyll gefärbte Papier dressiert waren. Beim Gelbgrün, und beim Chlorophyllgrün stellte ich Kontrollversuche an, bei welchen die ganze Farbenserie mit einer großen Glasplatte bedeckt wurde. Die Resultate blieben die gleichen (vgl. hierzu Anhang, S. 128, 132 u. 135).

Es mag auf den ersten Blick sonderbar anmuten, daß die auf Orangerot oder Grün dressierten Bienen in der Farbenserie auf andere Farben viel stärker gingen als auf die Dressurfarbe. Ich glaube, man wird daraus schließen müssen, daß alle die obengenannten Farben, vom Rot No. 2 bis zum Grasgrün, in ihrem Farbton für das Bienenauge nicht wesentlich verschieden sind. In ihrer Helligkeit und Sättigung freilich werden sie sich voneinander unterscheiden. Die Farben, die reichlich rot enthalten, so das Orangerot No. 3, werden dem Bienenauge als dunkles „Gelb" erscheinen müssen; und wenn sie ein Blaugrün als ein Grau von mittlerer Helligkeit sehen, wird für sie ein Grasgrün ein mit Grau vermischtes, ungesättigtes „Gelb" bedeuten. Es scheint mir nun durchaus verständlich — besonders da wir schon wissen, wie schwer eine Dressur auf eine bestimmte Helligkeit zu erreichen ist —, daß die auf ein Orangerot oder auf ein Grün in der Grauserie dressierten Bienen, wenn ihnen plötzlich das bunte Durcheinander der ganzen Farbenserie vorgelegt wird, diejenigen Papiere am ehesten aufsuchen, welche für sie die Dressurfarbe am intensivsten zeigen, und daß so die auf Orangerot, also — nach der oben ausgesprochenen Ansicht — auf ein „dunkles Gelb" dressierten Bienen und die auf Grün, also auf ein „ungesättigtes Gelb" dressierten Tiere durch das reine Gelb stärker angezogen werden als durch die Dressurfarbe.

Es wurde schon erwähnt, daß die auf blaugrüne Papiere (No. 10 und No. 11) dressierten Bienen die Dressurfarbe aus der Grauserie nicht herausfanden. Auch wenn ihnen die Farbenserie vorgelegt wurde, schwärmten sie gänzlich ziellos über den Papieren umher.

Dagegen wandten sich die auf Blau No. 12, No. 13 und No. 14 dressierten Bienen in der Farbenserie mit der gleichen Konsequenz den blauen und purpurroten Papieren zu, mit der die

gelbdressierten Tiere diese Farben gemieden hatten, und ließen nun die roten, gelben und grünen Papiere unbeachtet (vgl. die Tab. 81—110 u. 113—119, S. 150 ff.). Daß sie zwei für uns so verschiedene Farben wie das Blau No. 13 und das Purpurrot No. 15 so völlig verwechselten, kann nicht verwundern, nachdem wir wissen, daß das Bienenauge für ein reines Rot unempfindlich ist; das „purpurrote" Papier wirft ja wesentlich rote und blaue Strahlen zurück; wenn die rote Komponente von den Bienen nicht gesehen wird, bleibt für sie eben nur die blaue Komponente übrig.

Dementsprechend zeigte sich, daß die auf Purpurrot No. 15 dressierten Bienen auch die blauen, nicht aber die roten, gelben und grünen Papiere besuchten (vgl. S. 172 u. 173).

Bei den auf Blau dressierten Bienen war auffallend, daß sie die purpurroten Papiere, namentlich das Purpurrot No. 15, oft weit stärker frequentierten als die blauen. In Kontrollversuchen, bei welchen die Farbenserie mit einer Glasplatte bedeckt war, verhielten sie sich anders. Zwar kam es auch hier vor, daß das Purpurrot No. 15 den stärksten Besuch erhielt (Tabelle 107), und in angenähert gleichem Grade wie im Durchschnitte die 3 blauen Papiere (No. 12—14) wurde es in der Regel besucht; es wurde aber nicht derart auffallend bevorzugt, wie es der Fall war, als den auf $Blau_{13}$ dressierten Bienen die unbedeckte Farbenserie vorgelegt wurde. Daß es sich hier um Zufälligkeiten handelt, kommt mir wenig wahrscheinlich vor. Denn ich habe eine eigene Versuchsreihe an blaudressierten Bienen durchgeführt, in welcher nur die Frequenz von Blau No. 13 und Purpurrot No. 15 miteinander verglichen wurde und die Papiere in stetem Wechsel einmal unbedeckt, das andere Mal mit einer Glasplatte bedeckt waren. Hierbei entstand in allen 5 Versuchen, in welchen die Papiere unbedeckt waren, auf dem Purpurrot ein großer Bienenklumpen, während das Blau zwar auch stark, aber doch weit schwächer als das Purpurrot besucht wurde. In den 5 Versuchen hingegen, in welchen die Papiere mit einer Glasplatte bedeckt waren, entstand nur einmal der Klumpen auf dem Purpurrot, in den anderen 4 Fällen entstand er auf dem Blau, und das Purpurrot erhielt den schwächeren Besuch. Man könnte vielleicht denken, daß das purpurrote Papier relativ viel ultraviolettes Licht zurückwerfe und daß dieses die Reaktionen der Bienen beeinflusse, daß durch das Überdecken mit der Glasplatte ein Teil der ultravioletten Strahlen absorbiert und dadurch der andere Ausfall des Versuches bedingt würde. Um dies zu prüfen, habe ich die Versuche im Hintergrunde einer gedeckten Veranda wiederholt und nun das eine Mal eine Glasplatte auf die Papiere gelegt, das andere Mal die Glasplatte vor den Papieren derart aufgestellt, daß alles, was noch von direktem Himmelslichte auf die Papiere fallen konnte, die Glasplatte passieren mußte, während nun für die Bienen die Papiere frei zugänglich waren. Auch so wurde bei 4 Versuchen im 1. Falle das $Blau_{13}$, im 2. Falle das $Purpurrot_{15}$ bevorzugt. Ich weiß demnach keine andere Erklärung, als

daß in diesem Falle eine Geruchs- oder sonstige Qualität des purpurroten Papieres, die durch das Überdecken mit der Glasplatte aufgehoben wird, die Bienen zu der Bevorzugung des Purpurrot gegenüber dem Blau veranlaßt.[1]) Das wesentliche Resultat, daß nämlich Blau und Purpurrot dem Bienenauge sehr ähnlich oder identisch erscheint, wird durch diese Feststellung nicht berührt. Denn 1. genügt die fragliche Qualität des purpurroten Papieres allein noch nicht, um den Besuch des Purpurrot von seiten der blaudressierten Bienen zu erklären — sonst müßten auch die auf Gelb, Grün etc. dressierten Bienen das Purpurrot befliegen; und 2. lehren auch die Versuchsreihen, bei welchen die Papiere unter Glas waren, die Verwechslung von Blau und Purpurrot mit aller Deutlichkeit.

Einen weiteren Versuch möchte ich nicht unerwähnt lassen, da er nicht nur eine Bestätigung der oben geschilderten Verwechslungsversuche bildet, sondern auch besonders klar erkennen läßt, daß das Blaugrün No. 11 für die Bienen mit Blau keine Ähnlichkeit besitzt. Die Bienen waren auf Blau No. 13 dressiert; wenn ihnen ein reines $Blau_{13}$ in der Grauserie vorgelegt wurde, bildete sich, wie gewöhnlich, auf dem Blau sogleich ein mächtiger Bienenklumpen, während die grauen Papiere unbeachtet blieben; das Gleiche war der Fall, wenn diesen Bienen ein reines Blau No. 12, Blau No. 14, Purpurrot No. 15 oder No. 16 in der Grauserie vorgelegt wurde; wenn ihnen aber ein Blaugrün No. 11 oder ein grünes, gelbgrünes oder gelbes Papier in der Grauserie geboten wurde, schwärmten sie ziellos über dem Versuchstische umher und beachteten das farbige Papier nicht mehr als die grauen (vgl. die Protokolle S. 158—161).

Aus all diesen Versuchen habe ich geschlossen, daß die Bienen zwar „warme“ und „kalte“ Farben mit Sicherheit unterscheiden, daß ihnen aber innerhalb derselben ein feineres Unterscheidungsvermögen für Farbenabstufungen nicht zukommt. Nun war die Methode der bisher geschilderten Experimente nicht gerade günstig, um ein etwa doch vorhandenes, im Vergleich mit dem unserigen jedenfalls geringes Unterscheidungsvermögen für Farbennuancen erkennen zu lassen. Denn die Bienen, die auf einem unter die Grauserie gemischten Blatte der Dressurfarbe gefüttert worden waren, hatten keine Gelegenheit gehabt, die Erfahrung zu machen, daß auf den „Verwechslungsfarben“ für sie nichts zu holen sei.

1) Ob die Bevorzugung des Purpurrot tatsächlich auf eine Geruchsqualität dieses Papiers zurückzuführen ist, läßt sich experimentell entscheiden. Ich werde demnächst in einer anderen Arbeit hierauf zurückkommen.

Und so läßt sich aus dem Ausgang der Verwechslungsversuche nur schließen, daß ihnen die gewissen Farben mit der Dressurfarbe ähnlich erscheinen; über den Grad dieser Ähnlichkeit aber ist schwer etwas auszusagen.

Ich stellte darum noch folgenden Versuch an. Von einem Versuchstische, auf welchem die Bienen bereits seit drei Tagen auf Blau No. 14 in der üblichen Weise dressiert waren, entfernte ich die Grauserie und legte statt dessen, auf einer weißen Unterlage, nur vier Papiere auf, und zwar ein Blau No. 12, ein Blau No. 13, ein Blau No. 14 und ein Purpurrot No. 15, derart, daß die Papiere in einigem Abstande (je ca. 10 cm) voneinander lagen. Nun wurde in dieser Anordnung vom Blau No. 14 weiter gefüttert, wobei natürlich die gegenseitige Lage der Papiere wieder ständig gewechselt wurde. Waren die genannten Papiere für die Bienen in ihrem Farbton überhaupt merklich verschieden, so war zu erwarten, daß sich dies bei solcher Versuchsanordnung offenbaren müßte. Denn nun konnten sie fortwährend die Erfahrung machen, nicht nur, daß es auf dem $Blau_{14}$ Futter gab, sondern auch daß auf den anderen Farben für sie nichts zu holen war. Bei den Zählversuchen wurden vier reine, mit reinen Uhrschälchen beschickte Papiere ($Blau_{12}$, $Blau_{13}$, $Blau_{14}$ und $Purpurrot_{15}$) auf einem reinen weißen Untergrunde in veränderter gegenseitiger Lage an Stelle der Dressurpapiere aufgelegt. Vielleicht kann man es als einen Erfolg dieser Dressur betrachten, daß nun das Purpurrot No. 15 gegenüber den blauen Papieren nicht mehr wesentlich bevorzugt wurde, obwohl keine Glasplatte über die Papiere gedeckt war (vgl. S. 39, 40). Aber ein sicheres Herausfinden der Dressurfarbe war auch so nicht zu erzielen, obwohl die Dressur in dieser Weise durch fünf Tage fortgesetzt wurde. Fast immer wurden alle vier Papiere in beträchtlicher Zahl besucht, und ganz regellos entstand bald auf dieser, bald auf jener Farbe ein größerer Bienenklumpen. Die folgende Tabelle enthält die Resultate der Zählversuche:

Die Bienen sind vom 4. Sept. bis zum 7. Sept. 1913 auf $Blau_{14}$ in der Grauserie, seit dem 7. Sept. auf $Blau_{14}$ in der eben beschriebenen Anordnung dressiert.

Bienenfrequenz beim Versuch am	$Blau_{12}$	$Blau_{13}$	$Blau_{14}$	$Purpur_{15}$
8. Sept. 3^{30-35}	30	16	6	21
8. Sept. 3^{40-45}	6	109	8	87
9. Sept. $11^{55}-12^{00}$	3	15	208	33
9. Sept. 12^{05-10}	10	5	16	65
10. Sept. 11^{00-05}	63	28	205	140
10. Sept. 11^{15-20}	0	33	2	36
10. Sept. 11^{25-30}	10	166	55	35
12. Sept. 10^{10-15}	48	2	100	0
12. Sept. 11^{20-25}	0	185	6	65
12. Sept. 11^{30-35}	7	29	19	339

So ist denn wohl für das Bienenauge die Ähnlichkeit der genannten Farben außerordentlich groß.

Das Verhalten der Bienen bei den in diesem Kapitel geschilderten Versuchen erinnert sehr an die Symptome, die für rot-grünblinde Menschen, und zwar für die Protanopen (im Sinne von v. KRIES) oder relativ blausichtigen Rotgrünblinden (im Sinne von HERING) charakteristisch sind. Für den Protanopen ist das Spektrum am langwelligen Ende verkürzt; rote Lichter erscheinen ihm sehr dunkel, dunkelrote Gegenstände so gut wie schwarz (vgl. z. B. KÖLLNER 46 p. 46); im Spektrum besteht für ihn in der Gegend des Blaugrün eine „neutrale Stelle", die er farblos grau sieht; gewisse blaugrüne Pigmentfarben sieht er wie ein Grau von mittlerer Helligkeit; purpurrote Farben verwechselt er mit blauen; am Spektrum sieht er „an stelle der etwa 160 Farbentöne, welche der Normale unterscheidet, nur noch zwei, nämlich eine ‚warme' Farbe, wahrscheinlich Gelb, entsprechend der langwelligen Hälfte des Spektrums, welche der Normale Rot bis Grün sieht, und eine ‚kalte', wahrscheinlich blaue, entsprechend der kurzwelligen Spektralhälfte, dort, wo der Normale grünblau bis violett sieht" [46, p. 42, vgl. auch v. HIPPEL (37, p. 180) und HOLMGREN (38)]. All diese, für den Farbensinn des protanopen Menschen charakteristischen Merkmale sind uns auch bei der Analyse des Farbensinnes der Bienen entgegengetreten.

Ich bin Herrn Dr. J. ROSMANIT in Wien, Sanitäts-Chef der Südbahn, zu Dank verpflichtet, daß er es mir ermöglichte, einem typisch Protanopen die farbigen Papiere vorzulegen, wie ich sie bei den Bienenversuchen verwendet hatte. Als ich dem betreffenden Herrn ein Blau No. 13 (Taf. 5) gab und ihn bat, die ihm ähnlich erscheinenden Papiere aus der Farbenserie auszusuchen, wählte er

Blau No. 12, Blau No. 14, Purpurrot No. 15 („dunkler, im Farbton gleich") und Blaugrün No. 11 („ganz licht"); das Purpurrot No. 16 bezeichnet er auf Befragen als „Grau mit einem schwachen bläulichen Einschlag". Zu Gelb No. 4 legte er als ähnlich: Gelb No. 5, Gelb No. 6, Gelbgrün No. 7. Das Grasgrün, das Rot No. 2 und das Orangerot No. 3 bezeichnete er als „braun". Ich gab ihm nun das Rot No. 1 und die dunkelsten Papiere der Grauserie mit der Frage, ob ihm unter diesen Papieren eines auffalle. Nach einer Pause gab er die überraschende Antwort: „Jetzt spekuliere ich, weil Sie mir da alle roten Papiere zusammengelegt haben" und bezeichnete dann das Rot und die dunkelgrauen Papiere als verschiedene Rotnuancen („Kirschrot" etc.).[1]) Das Blaugrün No. 10 bezeichnete er als gleich mit Grau No. 6 und den angrenzenden Nummern der (aus 15 Abstufungen bestehenden) Grauserie. Zu Blaugrün No. 11 äußerte er, „das könnte man auch noch zu den grauen Papieren dazulegen, es hat aber doch einen deutlich bläulichen Einschlag". Die Bienen hatten das Blaugrün No. 11 ebensowenig wie das Blaugrün No. 10 aus der Grauserie herausgefunden. Es bestehen also wohl gewisse Differenzen zwischen dem Farbensinn der Bienen und dem eines Protanopen; in allen wesentlichen Punkten aber herrscht, wie man sieht, Übereinstimmung.

Wenn zwei Augen von derart verschiedenem anatomischem Bau wie das Facettenauge der Bienen und das Linsenauge des Menschen physiologisch so wenig voneinander differieren, daß man den Farbensinn der Biene einer bestimmten Form anomalen Farbensinnes beim Menschen zur Seite stellen kann, so darf man wohl darin einen Hinweis sehen, daß die Grundlagen des Farbensinnes beim Facettenauge die gleichen sind wie beim Wirbeltierauge.

3. Der Farbensinn der Bienen und die Blumenfarben.

a) Die Blumenfarben im allgemeinen.

Daß eine Beziehung besteht zwischen der Anpassung der Blüten an Insectenbestäubung und der Entwicklung eines „Schauapparats",

1) Ein Rot von solcher Ausdehnung pflegt auch von Rotblinden als „Rot" erkannt und von Schwarz unterschieden zu werden. Wenn es auch in dem vorliegenden Falle vielleicht von Einfluß war, daß die Versuchsperson — wie sie später sagte — meinte, es würden ihr nur farbige Papiere vorgelegt, so geht doch die Unsicherheit in der Unterscheidung von Rot und Schwarz aus der Angabe klar hervor.

d. h. der Entwicklung von farbigen, augenfälligen Blumen-, Kelch- oder Hochblättern, kann nicht bezweifelt werden. In unsern einschlägigen Hand- und Lehrbüchern findet man übereinstimmend die Angabe, daß jene Blüten, bei denen die Übertragung des Pollens durch Wind oder Wasser vollzogen wird, im allgemeinen unscheinbar gefärbt und klein sind, während jene Blüten, bei denen Insecten die Befruchtung vermitteln, im allgemeinen durch Größe und Farbe der Blütenblätter auffallen — sie sind zu „Blumen“ geworden. Dies gilt für ausländische Pflanzen nicht minder wie für unsere heimische Flora. So stellt LOVELL (54, p. 456) in einem ausgedehnten Gebiete Nordamerikas 1048 Pflanzenarten fest, bei denen die Übertragung des Pollens durch Luft oder Wasserströmungen geschieht; von ihnen blühen 1021 grün, 1 weiß, 11 gelb, 3 rot, 12 purpurfarben. Dagegen haben von den 2972 Arten des gleichen Gebiets mit Insecten- oder Selbstbefruchtung[1]) 223 grüne, 254 rote, 325 blaue, 425 purpurne, 790 gelbe und 955 weiße Blüten.

Man hat des öfteren darauf hingewiesen [so BONNIER (8), HESS (36), PLATEAU (79)], daß es auch unscheinbare Blüten gibt, die von Insecten bestäubt werden, und daß andrerseits auffällige Farben bei manchen anemophilen Blüten vorkommen, und hat dies in dem Sinne gedeutet, daß ein Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Blumenfarben und der Insectenbestäubung somit nicht zu bestehen brauche. Man hat dabei nur vergessen, daß man eine Regel durch das Konstatieren von Ausnahmen nicht umstößt. Mir scheint durch das Vorkommen farbiger Blüten bei anemophilen Pflanzen nur das Verständnis für die Entwicklung der „Blumen“ erleichtert zu werden. Denn woher hätte diese Anpassung der Blüten an Insectenbestäubung ihren Ausgangspunkt nehmen sollen, wenn nicht von einem gelegentlichen, „zufälligen“ Auftreten gefärbter Blütenblätter? Und was das Vorkommen unscheinbarer Blüten bei insectenblütigen Pflanzen betrifft, so ist ja genugsam bekannt, daß die Farbe nicht das einzige Mittel ist, durch das sich die Blüten den Insecten bemerkbar machen. Sagt doch schon HERMANN MÜLLER (62, p. 429): „Daß den Pflanzen auch der Duft der Blumen dadurch von Vorteil ist, daß er dieselben den Insecten von weitem bemerkbar macht und dadurch gesteigerten Insectenbesuch und häufigere Fremdbestäubung bewirkt, erscheint von vornherein unzweifelhaft und kann durch ebenso entscheidende Beispiele belegt werden, wie die Wirkung der Augenfälligkeit; es

1) Kleistogame Blüten sind hierbei, wie mir LOVELL schriftlich mitteilte, nicht mitgerechnet.

läßt sich sogar durch direkte Beobachtung des Insectenbesuches mit voller Sicherheit feststellen, daß Blumenduft ein weit kräftigeres Anlockungsmittel ist als bunte Farben." Es steht also der Annahme nichts im Wege, daß die Insecten beim Auffinden jener unscheinbaren Blüten durch den Geruchssinn geleitet werden, selbst da, wo für uns die Blüten geruchlos sind[1]; denn wir kennen auch andere Fälle, wo Insecten aus großen Entfernungen durch einen für uns nicht wahrnehmbaren Duft angelockt werden. Es steht mit dieser Annahme in guter Übereinstimmung, daß die Mehrzahl jener unscheinbaren Insectenblüten nur von niedern Bienenarten und Fliegen besucht wird [vgl. Plateau (79) und Lovell (57)], für welche die Annahme begründet ist, daß sie sich viel mehr als die Honigbiene durch den Geruchssinn leiten lassen [Andreae (2), Forel (21)].

Die im vorigen Kapitel mitgeteilten Ergebnisse bieten uns nun einen neuen Prüfstein für die alten Anschauungen über den Ursprung der Blumenfarben. Denn wenn die Tatsache, daß weitaus die meisten Windblütler unscheinbare Blüten, weitaus die meisten Insectenblütler auffallende, farbige Blüten besitzen, so zu verstehen ist, daß sich die farbigen Blumen als Anpassung an den Insectenbesuch, als Merkzeichen für die Insecten entwickelt haben, dann muß man erwarten, zwischen der Beschaffenheit des Farbensinnes der Insecten und der Beschaffenheit der Blumenfarben einen Zusammenhang zu finden. Und ein solcher Zusammenhang besteht in der Tat: jene Farben, welche von der Biene, der wichtigsten Blütenbestäuberin, nicht farbig gesehen werden[2], kommen in unserer Flora als Blumenfarben nur äußerst selten oder gar nicht vor.

Ein Blaugrün, wie das auf Taf. 5 als No. 11 aufgeklebte, sticht für unser Auge von dem Grün des Laubes sehr deutlich ab; auf das Bienenauge wirkt es nicht als Farbe, sondern wie ein Grau von mittlerer Helligkeit (S. 34); und mir ist keine Blume von blaugrüner Farbe bekannt geworden.

Wir haben ferner gesehen, daß auch ein reines Rot von den Bienen nicht als Farbe erkannt, sondern mit Schwarz verwechselt wird. Und der Mangel an rein roten Blumen ist den Botanikern schon längst an unserer Flora aufgefallen. Das Rot der meisten

1) Vgl. Kerner (40), Vol. 2, p. 201.

2) Die übrigen Hymenopteren werden sich darin wohl ebenso verhalten wie die Honigbiene. Über die anderen Insecten möchte ich keine Vermutung äußern.

„rotblühenden" Pflanzen ist ein Purpurrot, das reichlich Blau enthält; ich erinnere nur an *Erica* und *Calluna*, an *Lamium*- und *Polygonum*-Arten, an *Cyclamen*, an die Alpenrose (*Rhododendron*)[1]), die rotblühenden Klee- und Orchideenarten — alles Pflanzen, die von Honigbienen und andern Apiden reichlich besucht werden und deren Purpurrot die Bienen ebenso wie unser Purpurrot No. 15 (Taf. 5) als Farbe sehen werden. Blumen mit rein roter, von einer Blaubeimischung freier Farbe, wie das Rot No. 1 und No. 2 auf Taf. 5, sind bei uns sehr spärlich (von Kulturpflanzen natürlich abgesehen). Die Farbe der Mohnblüte (*Papaver*) steht dem Rot No. 2 sehr nahe; wir haben gefunden, daß ein solches Rot von den Bienen als sehr dunkles Gelb gesehen wird; und so dürfte hier der Farbe keine große Bedeutung zukommen; auch als dunkle Blume ist wohl die Mohnblüte, bei der Größe ihrer Blumenblätter, noch auffallend genug. An den hochroten Blüten von *Glaucium corniculatum* sind nur Schwebfliegen und Schmetterlinge beobachtet[2]) (vgl. unten); die Feuerlilie (*Lilium bulbiferum*) mit ihren „feuerroten" Blüten ist eine Tagfalterblume[3]) (vgl. unten). Als „brennend rot" wird die Blütenfarbe einiger *Adonis*-Arten (*A. aestivalis*, *autumnalis* und *flammea*) bezeichnet; über den Blumenbesuch bei *A. flammea* finde ich keine Angaben, an den beiden andern Arten sind pollensammelnde Honigbienen beobachtet worden.[4]) Als Ziegelrot sind mir ferner die Blüten von *Anagallis arvensis* L genannt worden; in KNUTH's Blütenbiologie[5]) finde ich bei dieser Species die Angabe, daß Selbstbestäubung möglich ist, „von welcher die Pflanze ausgiebigen Gebrauch macht, da Insektenbesuch bisher nicht beobachtet ist".

Es ist merkwürdig, daß jene purpurroten Blüten, die relativ arm an Blau sind, auffallend häufig entweder ausschließlich oder vorwiegend von Schmetterlingen bestäubt werden (so: *Adenostyles alpina*[6]), viele *Dianthus*-Arten[7]), *Daphne striata*[8]), *Erigeron*

1) Für die Alpenrose bestreitet v. HESS (36, p. 88) meine Angabe; sie sei angenähert rein rot oder nur schwach bläulich-rot, die Außenseite der Blütenblätter sogar leicht gelblich-rot. Bei der geöffneten Alpenrose ist die „Außenseite" der Blütenblätter die Rückseite; ihre Farbe interessiert uns also in diesem Zusammenhange nicht. Im übrigen brauche ich nur zu erwähnen, daß nach NAGEL (64a, p. 22) der Protanop die Blüten der Alpenrosen „blau oder doch stark bläulich" sieht.

2) KNUTH (45), Vol. 2, 1, p. 66.
3) ibid., Vol. 2, 2, p. 482.
4) ibid., Vol. 2, 1, p. 15.
5) ibid., Vol. 2, 2, p. 305.
6) ibid., Vol. 2, 1, p. 573.
7) ibid., Vol. 2, 1, p. 157 ff.
8) ibid., Vol. 2, 2, p. 359.

alpinus[1]) und *E. uniflorus*[2]), *Silene acaulis*[3]), *Viscaria alpina*[4]); daß die roten Blüten von *Glaucium corniculatum* und von *Lilium bulbiferum* von Schmetterlingen besucht werden, wurde oben schon erwähnt; ihnen fügen sich als weitere, vorwiegend von Tagfaltern aufgesuchte Blumen die orangeroten Blüten von *Crepis aurea*[5]), *Hieracium aurantiacum*[6]) und *Senecio abrotanifolius*[7]) an. Auf diese Bevorzugung roter Blumen durch manche Tagfalter und eine Beziehung zur Färbung der Schmetterlinge machte schon Hermann Müller[8]) aufmerksam: „Es ist gewiß nicht bloß zufällig, daß von den Tagfaltern, welche auf den Alpen als die häufigsten Blumenbesucher auftreten, die meisten selbst lebhaft rot gefärbt sind (zahlreiche *Argynnis*- und *Melitaea*-, mehrere *Polyommatus*- und *Vanessa*-Arten), und daß gerade lebhaft rot gefärbte Blumen mit ganz entschiedener Vorliebe von diesen selbst lebhaft rot gefärbten Faltern besucht werden." Es wäre in Hinblick auf diese Tatsache von Interesse, zu untersuchen, ob der Farbensinn der Tagfalter von dem der Honigbiene abweicht.

In starkem Gegensatz zu der Seltenheit scharlachroter Blumen in unsern Ländern steht deren weite Verbreitung in anderen Gebieten. Bei den Insectenblütern freilich scheint das Scharlachrot im Auslande so selten zu sein wie bei uns; dagegen ist es bei jenen Blumen, welche durch Vögel (durch Kolibri in Amerika, durch die Honigvögel in Afrika und Australien) bestäubt werden, so allgemein verbreitet, daß eine scharlachrote Blütenfarbe von manchen Beobachtern als eines der verläßlichsten Kennzeichen für Ornithophilie angesehen wird. Von den 107 ornithophilen Pflanzen, die Schnarf (100) in seiner „vergleichenden Charakteristik der Vogelblumen" anführt[9]), haben 56 einen roten Schauapparat, in 9 Fällen tritt Rot und Gelb nebeneinander auf, 13 blühen gelb oder gelblich, nur 4 blau, 4 violett, 7 weiß, 1 weiß und gelb, 3 purpurn, in 7

1) Knuth (45), Vol. 2, 1, p. 590.
2) ibid., Vol. 2, 1, p. 590.
3) ibid., Vol. 2, 1, p. 169.
4) ibid., Vol. 2, 1, p. 172.
5) ibid., Vol. 2, 1, p. 690.
6) ibid., Vol. 2, 1, p. 693.
7) ibid., Vol. 2, 1, p. 631.
8) ibid., Vol. 1, p. 149.
9) Vielfach erwähnt Schnarf nicht die einzelnen Arten, sondern gibt die Blütenfarbe für eine Artengruppe gemeinsam an; solche Fälle habe ich nur einfach gezählt, da mir die Artenzahl nicht bekannt ist.

Fällen tritt Blau neben Rot im Schauapparat auf, in 3 Fällen sind die Blüten unscheinbar.

Besonders deutlich geht der Zusammenhang zwischen Ornithophilie und dem Auftreten roter Blumenfarben aus der Betrachtung verwandter Pflanzenarten hervor, die an verschiedene Bestäuber angepaßt sind. Ich zitiere aus SCHNARF (100):

(S. 5) „*Ranunculaceae. Aquilegia truncata*, deren Blüten nach MERRITT dem Besuche von Kolibri angepaßt erscheinen, blüht prächtig scharlachrot, eine in dieser Familie seltene Farbe."

(S. 6) „*Scrophulariaceae.* Die amerikanischen *Pentstemon Bridgesii* und *barbatus var. labrosus* (nach MERRITT ornithophil) blühen scharlachrot, während die lavendelblaue *Pentstemon Palmeri* Hymenopteren angepaßt ist . . ."

(S. 6) „*Labiatae.* In dieser Familie ist grellrote Farbe recht selten. Um so auffallender ist sie daher bei den ornithophilen Arten . . ."

(S. 7) „*Lobeliaceae.* Unter den Lobelien zeichnen sich gerade die ornithophilen großblütigen Arten durch leuchtendrote Blütenfarbe aus. So ist *Lobelia cardinalis* purpurrot, *Lobelia salicifolia* ziegelrot; hingegen zeigen entomophile Lobelien meist kleine, violette und blaue Blüten . . ."

Auch SCOTT-ELLIOT bemerkt, daß jenes gewisse Rot, wie wir es bei der Mehrzahl der ornithophilen Blumen Südafrikas finden, eine bei Blumen ungewöhnliche Farbe ist, daß aber Labiaten, Aloen, Irideen und Leguminosen alle diese Farbe annehmen, wenn sie ornithophil werden (102, p. 279).

Schließlich möchte ich als weiteren Beleg für das Gesagte eine Stelle aus KERNER's „Pflanzenleben" [1]) zitieren, die zugleich zeigt, wie richtig dieser Forscher die Beobachtungen beurteilt hat:

Nachdem er auseinandergesetzt hat, daß „Blüten mit Purpurrot und Karminrot sowie mit allen weiteren Abstufungen zu Violett" von der Honigbiene sehr gerne aufgesucht, scharlachrote Blüten aber von ihr gemieden werden, fährt er fort: „Ich sage hier ausdrücklich gemieden und nicht verabscheut, weil es fraglich ist, ob das Ausfallen des Bienenbesuchs bei den scharlachroten Blüten wirklich durch eine förmliche Scheu vor der Scharlachfarbe veranlaßt wird, und ob nicht vielmehr Farbenblindheit hierbei ins Spiel kommt, welche bekanntlich die Ursache ist, daß auch manche Menschen das Rot nicht sehen . . . Das schließt nicht aus, daß wieder andere Tiere diese Farbe gut sehen, ja daß für sie die scharlachrote Farbe sogar ein wichtiges, weithin wirkendes Anlockungsmittel ist . . . Insbesondere wirken solche Blüten auf die Kolibris, ja es scheint sogar, daß diese nach Honig lüsternen kleinen Vögel ganz besonders gern den Scharlachblüten zufliegen. Vielleicht hängt es hiermit auch zusammen,

1) (40) Vol. 2, p. 191.

daß die Pflanzen mit scharlachroten Blumen vorwaltend in jenen Gegenden verbreitet sind, wo die Kolibris ihre Heimat haben. Gewiß ist es auffallend, daß die scharlachrote Farbe in Asien und Europa . . . nur spärlich vertreten ist, daß dagegen in Amerika . . . eine ausnehmend große Zahl solcher Blüten vorkommt. In den zentralamerikanischen Urwäldern fällt jedem Besucher sofort die große Zahl der Schlinggewächse und Überpflanzen aus den Familien der Akanthaceen, Bignoniaceen, Bromeliaceen, Cyrtandreen und Gesneraceen auf, welche scharlachrote Blüten tragen . . . In dem oben umgrenzten amerikanischen Gebiete ist ja auch die Heimat der Lobelien, Fuchsien und Begonien mit brennendroten Blumenkelchen . . ., der von den Kolibris umschwärmten, in Scharlach gekleideten Salbeiarten (*Salvia coccinea*, *cardinalis*), der verschiedenen zu den Skrofularineen gehörigen Arten der Gattung *Alonsoa* und *Russelia*, der merkwürdigen Erythrinen (*Erythrina crista galli*, *herbacea*, *speciosa*) und der Cäsalpineen aus der Gattung *Amherstia* und *Brownea* (*Amherstia nobilis*, *Brownea coccinea* und *grandiceps*), deren Blüten durchweg so gebaut sind, daß ihr Honig kaum anders als von schwebenden Kolibris gewonnen werden kann."

Man wird vielleicht sagen: es ist bei der Rotblindheit der Bienen wohl verständlich, daß die scharlachrote Farbe bei Bienenblumen so selten ist, und eine größere Häufigkeit des Scharlachrot bei Vogelblumen wäre leicht zu begreifen; aber warum herrscht es bei diesen in so auffallender Weise vor? Warum ist bei den ornithophilen Blumen ein Blau und Violett fast ebenso selten, wie bei den entomophilen ein Scharlachrot?

Die Antwort darauf geben uns wohl die Hess'schen Untersuchungen über den Farbensinn der Vögel. Er fand, daß die von ihm untersuchten Tagvögel (Hühner, Tauben, Falken u. a.) das Spektrum am langwelligen Ende so weit wie wir, am kurzwelligen Ende aber verkürzt sehen (34. S. 563); diese Eigentümlichkeit ist durch ein anatomisches Merkmal der Vogelnetzhaut bedingt: durch die Einlagerung roter und gelber Ölkugeln in die Netzhautzapfen: so kommt es, daß „die untersuchten Tagvögel die Welt der Farben ungefähr so sehen, wie wir, wenn wir unsere Augen mit rotgelben Gläsern bewaffnen" (p. 576). Ein für uns leuchtendes Blau werden sie „selbst bei heller Beleuchtung weniger schön, mehr schmutzig blaugrau sehen; bei etwas weniger hellem Lichte, bei dem wir aber noch immer ein schönes Blau sehen, wird dieses Vögeln mit verkürztem Spektrum nur als schwach bläuliches Grau bzw. reines Grau erscheinen . . . Aus solchen Gesichtspunkten ist vielleicht auch die Tatsache genauerer Untersuchung wert, daß, wenigstens in unseren Gegenden, die in der Natur vorkommenden Früchte, die den Tagvögeln zur

Nahrung dienen und so verbreitet werden können, vorwiegend rote, rotgelbe und gelbe Farbe zeigen; die bei uns vorkommenden, für uns blauen Früchte sind, soweit ich übersehen kann, fast durchweg tief dunkelblau, fast schwarz und heben sich schon für unser Auge, in noch höherem Maße für Vogelaugen mit verkürztem Spektrum, mehr durch ihre Schwärzlichkeit als durch ihre Färbung von der Umgebung ab. Ein leuchtend helles Blau gehört bei den in Rede stehenden Früchten, soweit mir bekannt ist, zu den großen Seltenheiten" (p. 577).

HESS selbst weist also hier auf die Spärlichkeit blauer Früchte und das häufige Vorkommen roter und gelber Früchte bei unsern heimischen Pflanzen hin, das der Spärlichkeit des Scharlachrot und der weiten Verbreitung des Blau bei unsern entomophilen Blumen seltsam gegenübersteht. Wir wissen nun, daß die bisher untersuchten Vögel blaue Farben relativ schlecht wahrnehmen können; und sowohl bei den an die Verbreitung durch Vögel angepaßten Früchten wie bei den an den Vogelbesuch angepaßten Blumen fällt uns die Seltenheit blauer Farben auf. Wir wissen andrerseits, daß die Bienen rotblind sind, und die Seltenheit roter Blumenfarben bei Bienenblumen ist eine altbekannte Sache. Und so dürfen wir wohl die Entwicklung dieser Farben in der Pflanzenwelt zum Farbensinn der Bienen und Vögel in Beziehung setzen und in diesen Tatsachen eine Bestätigung für die alte Anschauung sehen, daß sich die Farben der Blumen als Anpassung an ihre Bestäuber entwickelt haben.

Ich habe auf diese Dinge schon in einem Vortrage (25) hingewiesen. HESS erwiderte nun kürzlich darauf (36, p. 88), in unserer Flora herrsche gar kein Mangel an roten Blumen, und erwähnt eine Angabe HERMANN MÜLLER'S, der unter 150 Alpenblumen mit verstecktem Honig 52 mehr oder weniger rot fand. Hierbei sind die purpurroten mitgerechnet; ich sprach aber von den rein roten[1]) Blüten im Gegensatze zu den purpurroten. HESS meint: „Für die Frage, ob das Rot der Blumen um der Insecten willen oder unabhängig von ihnen sich entwickelt hat, ist es selbstverständlich gleich-

1) Womit ich natürlich nicht ein spektral reines Rot meinte. Daß das Mohnrot auch Gelb enthält (HESS, 36, p. 88), war mir nicht unbekannt. Übrigens können verschiedene Mohnpflanzen auch auf dem gleichen Stadium der Blüte in ihrer Färbung beträchtlich voneinander abweichen.

gültig, ob dieses Rot etwas ins Gelbliche oder ins Bläuliche spielt, sofern es sich nur um eine für uns vorwiegend rote Farbe handelt." Ich möchte demgegenüber behaupten, daß es für diese Frage gleichgültig ist, wie die Farbe „für uns" aussieht, und daß das einzig Wesentliche ist, wie sie den Insecten erscheint. „Nach v. Frisch würde sich die Mehrzahl der bunten Blüten, nämlich alle nicht rein gelben und blauen, anders gefärbt haben, als sie gesehen werden können; sie hätten sich in Orange, gelblich Rot, Rot, Purpur und Violett gefärbt, um gelb, schwarz oder blau auszusehen!" Es ist schwer zu verstehen, was Hess hier anstößig findet. Hält er es für einen Luxus von seiten der Blume, wenn ihr Pigment die roten Strahlen durchläßt, statt sie zu absorbieren, wo der Effekt für das Bienenauge in beiden Fällen der gleiche bleibt? Wenn es ein Wesen gäbe, welches „Ultraviolett" als eigene, von Blau verschiedene Farbe wahrnähme, und es würde bei uns blaue Signallampen sehen, deren Scheiben auch ultraviolette Strahlen reichlich durchlassen — würde jenes Wesen wohl zu der Behauptung berechtigt sein, daß diese Signalscheiben nicht um unsertwillen gefärbt sein könnten, denn sie wären ja dann „Ultraviolett-Blau" gefärbt, um blau auszusehen? Und Hess glaubt zu dem Ausspruch berechtigt zu sein, die rot-blauen Blumen seien nicht „um der Insecten willen" gefärbt, denn sie hätten sich ja sonst rot-blau gefärbt, um blau auszusehen!

b) Der „Farbwechsel" der Blüten, „Kontrastfarben" und „Saftmale".

„Höchst merkwürdig ist auch die Erscheinung, daß bei manchen Pflanzen die Blumen nach dem Verblühen noch längere Zeit erhalten bleiben und dabei eine intensivere Färbung annehmen, als sie vorher besassen. . . Delpino . . hat zuerst eine Erklärung des Farbenwechsels der Blüten von *Ribes aureum* gegeben, indem er ihm die Bedeutuug zuschreibt, den Besuchern die bereits verblühten Blumen als solche bemerkbar zu machen und dadurch vergebliches Probieren zu ersparen. Das kann aber, nach Herm. Müller . . ., erst in zweiter Linie in Betracht kommen, denn käme es bloss darauf an, so würden Blüten mit solchem Farbenwechsel vor solchen, welche unmittelbar nach dem Verblühen welken oder abfallen, nicht das Mindeste voraus haben. Tatsächlich fallen aber die ganzen Blumengesellschaften durch das Bleiben und sich intensiver Färben der

verblühten Blumen weit stärker in die Augen und locken dadurch reichlicheren Insektenbesuch an sich, der freilich erst dadurch, dass die verblühten Blumen als solche leicht kenntlich sind, von vollem Nutzen sein kann" (KNUTH 45, Vol. 1, p. 104 u. 105).

Nach unseren neuen Erfahrungen über den Farbensinn der Biene dürfen wir Farbenkontraste [1]), die für unser Auge als solche auffällig sind, nicht ohne weiteres auch für das Insectenauge als Farbenkontraste gelten lassen. So sind in den Blütenständen von *Pulmonaria officinalis* — einem der bekanntesten Beispiele — die jungen Blüten purpurrot, die älteren färben sich blau (Besucher hauptsächlich Bienen und Hummeln), und bei *Lathyrus vernus* (Besucher: Hummeln) geht gleichfalls der Farbenumschlag von Purpurrot nach Blau. So auffallend hier für unser Auge die älteren und jüngeren Blumen des Blütenstandes voneinander verschieden sind, dem Bienenauge müssen sie ähnlich oder gleich gefärbt erscheinen, und es ist zu vermuten, daß hier der Farbenumschlag, der durch Einflüsse chemischer Natur leicht hervorgerufen werden kann, keine biologische Bedeutung hat. Und wenn in den Blütenköpfchen von *Trifolium spadiceum* das von den jungen Blüten gebildete hellgelbe Mittelfeld von einer Zone kastanienbrauner alter Blüten umgeben ist, „wodurch ein sehr auffallender Farbenkontrast hervorgebracht wird", so wird auch dies für das Bienenauge nach unseren Kenntnissen keinen Farbenkontrast, sondern nur einen Helligkeitskontrast bedeuten, und das Gleiche gilt für *Telekia speciosa* (Umschlag von Gelb nach Braun) und *Melampyrum nemorosum* (Umschlag von Goldgelb nach Orangegelb). Dagegen gibt es auch nicht wenige Fälle, wo der Farbenumschlag von Weiß nach Rosenrot (*Trifolium hybridum*, *Ribes sanguineum*, *Fumaria capreolata f. pallidiflora*, alles Bienen- und Hummelblumen) oder nach einem tiefen Purpurrot (*Pleroma Sellowianum*, Bienenblume) geht oder von Gelb nach Karminrot (*Ribes aureum*, Bienenblume), von Gelb nach Purpurrot (*Lantana*, Tagfalterblume) oder von Gelb nach Blau (*Myosotis versicolor*, von Bienen besucht) [2]); hier bestehen auch für das Bienenauge Farbengegensätze, und hier mögen sie eine biologische Bedeutung im Sinne HERMANN MÜLLER's gewonnen haben.

1) Ich behalte diesen Ausdruck bei, da er in der Blütenbiologie eingebürgert ist. Ich mache aber darauf aufmerksam, daß nicht „Farbenkontraste" in physiologischem Sinne gemeint sind.

2) Die Angaben entnehme ich aus KERNER (40, Vol. 2, p. 187 u. 188), KNUTH (45) und LUDWIG (60, 61).

Eine weitere Verbreitung als solche Farbendifferenzen in Blütenständen, die durch einen Farbenumschlag der alternden Blüten verursacht sind, haben jene Farbenkontraste, welche an ein und derselben Blume während ihrer ganzen Blütezeit bestehen und meist durch verschiedene Färbung der Blumenblätter selbst, aber auch durch Verschiedenheiten zwischen Blumen- und Kelchblättern oder Blumen- und Hochblättern zustandekommen. Diese wird man mit größerer Sicherheit als jene erste Gruppe von Farbenkontrasten als Anpassung an den Insectenbesuch auffassen können, nicht nur aus Mangel an einer anderen befriedigenden Erklärung, sondern weil hier, soweit ich sehe, die Farbenkontraste durchwegs solche sind, daß sie auch für das Bienenauge als Farbenkontraste gelten müssen. Ich habe mehrere Werke mit farbigen Abbildungen unserer Flora (3, 33, 98) durchgesehen und keine Blume gefunden, welche dem widerspräche; dagegen ist das Vorwiegen der Kombination von Gelb mit Blau oder Purpurrot (so bei *Viola tricolor*, *Scutellaria alpina*, *Linaria cymbalaria*, *Melampyrum nemorosum* und *M. arvense* *Sisyrinchium anceps*, *Cypripedium calceolus*, *Erigeron*-Arten u. a.) sehr auffallend, also die Kombination jener Farben, die gerade für das Bienenauge als Kontrastfarben gelten müssen; außerdem kommt die Kombination verschiedener Farben mit Weiß nicht selten vor.

Eine besondere Bedeutung schreibt man den Kontrastfarben in jenen (bei dem eben Gesagten nicht einbezogenen) Fällen zu, wo durch sie die Stelle der Blume hervorgehoben wird, an der sich der Nektar befindet. Man spricht dann von „Saftmalen“. Knuth sagt hierüber (45, Vol. 1, p. 116): „Um den durch die Farbe oder den Duft angelockten Insekten die Auffindung des Honigs zu erleichtern, finden sich, wie schon Sprengel hervorgehoben hat, vielfach Flecken oder Striche auf der Blüte, welche durch ihre Stellung oder ihre Richtung den Ort andeuten, wo der Honig verborgen ist. Solche ‚Saftmale‘ finden sich naturgemäß aber nur bei solchen Blumen, welche am Tage von Insekten aufgesucht werden. Bei den Nachtfalterblumen fehlen sie, weil sie hier nutzlos sind.“

Bei der Durchsicht der oben genannten Werke habe ich 94 Blumen mit Saftmalen[1]) gefunden. Bei **33** von diesen sind die

1) Von den feinen Tüpfel- und Strichzeichnungen, wie man sie an vielen Orchideenblüten findet und die man auch als Saftmale gedeutet hat, wurde hierbei abgesehen, da man wegen ihrer Kleinheit an ihrer Bedeutung zweifeln kann und da sie sich auch bei weitem nicht immer nur am Eingang zum Saftbehälter finden.

Kontrastfarben: Gelb und Blau[1]), Gelb und Violett[2]), Gelb und Purpurrot[3]) oder Orangerot und Blau[4]) (für das Bienenauge also in all diesen Fällen „Gelb" und „Blau"). Bei 47 von ihnen ist Weiß mit einer Farbe kombiniert: Weiß mit Gelb[5]), Weiß mit Blau[6]), Weiß mit Violett[7]), Weiß mit Purpur-

1) Bei folgenden Arten (die hinter die Pflanzennamen gesetzten Buchstaben A, H und R geben an, welchem Pflanzenatlas die betreffende Angabe entnommen ist [A = Atlas der Alpenflora (3), H = HEGI's Flora von Mitteleuropa (33), R = REICHENBACH's Icones (98)]; die in REICHENBACH's „Icones" gebrauchten Namen sind vielfach heute nicht mehr gangbar; ich habe in solchen Fällen den heute gebräuchlichen Namen eingesetzt und den Namen, unter welchem die Pflanze in den „Icones" abgebildet ist, in Klammern beigefügt; dies gilt auch für die folgenden Anmerkungen):

1) *Convolvulus tricolor* (R)
Dianthus superbus (H)
Eritrichium Terglouense (A)
Galeopsis speciosa (*G. versicolor* R)
Iris spuria (R)
Linaria alpina (H)
Myosotis alpestris (A)
M. palustris (H)
Nonnea rosea (*Lycopsis rosea* R)
Pinguicula leptoceras (R)
P. vulgaris (*P. macroceras* R)
Primula latifolia (R)
P. sibirica (*P. intrusa* R)
Veronica fruticans (A)
Viola canina (R)
V. stagnina (*V. lactea* R)

2) *Euphrasia minima* (H)
E. officinalis (R)
Galeopsis pubescens (R)
G. Tetrahit (R)
Scutellaria-Arten (R)
Viola calcarata (A)

3) *Cistus albidus* (R)
C. polymorphus (*C. incanus* R)
C. villosus (R)
Galeopsis angustifolia (R)
G. Ladanum (*G. Reuteri* R)
Gladiolus communis (R)
G. byzantinus u. a. (R)
Linaria triphylla (R)
Pedicularis Sceptrum Carolinum (H)
Polygala chamaebuxus (A)

4) *Omphalodes verna* (R)

5) *Aesculus Hippocastanum* (H)
Androsace lactea (R)
A. obtusifolia (A)
A. villosa (A)
Antirrhinum majus (H)
Aretia helvetica (A)
Cistus salvifolius u. a. (R)
Crocus biflorus (R)
Euphrasia Rostkoviana (H)
Iris ochroleuca (R)
Narcissus poeticus (H)
Pinguicula alpina (R)
Ranunculus circinatus (H)
R. fluitans (H)

6) *Anchusa italica* (*A. azurea* R)
Astragalus australis (A)
Geranium pyrenaicum (*G. umbrosum* R)
Iris pallida (R)
Papaver somniferum (H)
Pinguicula grandiflora (R)
Primula marginata (*P. crenata* R)
Veronica Tournefortii (H)
Viola montana (R)
V. odorata (H)
V. silvestris (R)

7) *Anchusa sempervirens* (*A. vulgaris* R)
Ballota nigra (R)
Geranium phaeum (A)
G. silvaticum (A)
Iris germanica (R)
Scutellaria-Arten (R)
Viola alpina (A)

rot [8]), oder Weiß mit Rot [9]) oder Orange [10]), in 3 Fällen Schwarz mit Purpurrot [11]) oder Gelb [12]), in 3 Fällen dunkel Rotbraun mit Purpurrot [13]) oder Gelb.[14]) Nur in 1 Falle ist das „Saftmal" Purpurrot in Blau [15]), also derart, daß für das Bienenauge hier wohl kein Farbenkontrast, vielleicht aber ein Helligkeitskontrast besteht. In 6 Fällen heben sich Grundfarbe und Saftmal nur durch verschiedene Intensität der Färbung [16]) oder — was für das Bienenauge das Gleiche bedeutet — als Orangerot und Gelb [17]) voneinander ab. Das „Saftmal" von *Papaver Rhoeas* [18]), das uns tief dunkelblau in einem hellen Rot erscheint, wird das Bienenauge dunkel „blau" in dunkel „gelb" sehen.

Es mag mir manche Pflanze entgangen sein, die ein „Saftmal" besitzt; es mag auch manche Farbennuance infolge einer unzutreffenden Abbildung nicht richtig bezeichnet worden sein; doch werden Ergänzungen und Korrekturen an dem wesentlichen Resultat dieser Zusammenstellung kaum etwas ändern: wir finden hier fast durchwegs Farben miteinander kombiniert, die sich nach unseren Erfahrungen für das Bienenauge deutlich voneinander abheben müssen, und es erwächst somit der Annahme, daß die „Saftmale" als Anpassung an den Insectenbesuch aufzufassen seien, keine Schwierigkeit. Daß sie für die Insecten wirklich von Bedeutung sein können — was manchmal angezweifelt wird —, scheint mir aus gelegentlichen Beobachtungen, wie der folgenden, hervorzugehen: „*Sarcophaga carnaria* sucht an den Blüten von *Polygonum bistorta* eifrig nach Honig, gleitet aber in der Regel mit dem Rüssel an der Blüte vor-

8) *Arctostaphylos uva ursi* (A)
Cyclamen repandum (*C. hederaefolium* R)
Dianthus alpinus (H)
Gladiolus segetum (R)
Melittis melissophyllum (*M. grandiflora* R)
Moricandia arvensis (R)
Primula carniolica (A)
P. oenensis (A)
P. villosa (R)
P. viscosa (A)
Sagittaria sagittifolia (R)
9) *Asphodelus* (R)
Dianthus deltoides (*D. glaucus* R)
Hibiscus syriacus (R)
10) *Saxifraga aspera* (R)
11) *Fumaria major* (R)
Papaver dubium (*P. laevigatum* R)
12) *Asphodeline lutea* (R)
13) *Hibiscus roseus* (R)
H. syriacus (R)
14) *Hibiscus trionum* (R)
15) *Delphinium consolida* (H)
16) *Iris*-Arten (H), dunkelblau in hellblau
Linaria genistifolia (H), dunkelgelb in hellgelb
Linaria vulgaris (H), dunkelgelb in hellgelb
17) *Iris*-Arten (H)
Linaria spartea (R)
Primula officinalis (H)
18) *Papaver Rhoeas* (H)

bei; *Andrena albicans* geht es anfangs längere Zeit ebenso, sie lernt aber allmählich die Sache geschickter anfangen und den Rüssel mit größerer Sicherheit in die Blüten senken; die Honigbiene verfehlt von Anfang an keine Blüte" (Herm. Müller 62, p. 428). Wo der Zugang zum Honig durch einen auffallenden Farbfleck gekennzeichnet ist, wird das Insect leichter und rascher lernen, den Rüssel an der richtigen Stelle einzusenken als bei einfarbigen Blumen. Doch glaube ich nicht, daß die biologische Bedeutung der „Saftmale" nur in dieser Richtung zu suchen ist. Ich komme darauf später zurück (S. 73).

c) Die „Lieblingsfarben" der Bienen.

J. Lubbock (59) war zu der Anschauung gekommen, daß die Bienen eine „ausgesprochene Vorliebe für Blau" zeigen; er setzte ihnen in langen Versuchsreihen auf verschiedenfarbigen Unterlagen Honig vor und fand, daß sie dem Honig auf einer blauen Unterlage durchschnittlich stärker zuflogen als auf andersfarbigen oder weißen Unterlagen. Hermann Müller (64) hat dieses Resultat bestätigt, nur fand er, daß ein gewisses Purpurrot die Bienen genau so stark anzieht wie Blau — wir verstehen jetzt warum. Auf diese Versuche geht die oft zitierte Angabe zurück, Blau und Purpurrot seien die Lieblingsfarben der Bienen. Hierdurch schien auch eine Tatsache erklärt, die den Botanikern schon lange aufgefallen ist: daß die Blumen mit primitiveren Blüteneinrichtungen, die ihren Honig den Insecten mehr oder weniger offen darbieten und deren Besucherkreis hauptsächlich die unsteten, kurzrüsseligen Wespen, Fliegen und Käfer bilden, vorwiegend weiß und gelb gefärbt sind, während man bei den Blumen mit vollkommeneren Einrichtungen zur Sicherung der Fremdbestäubung, mit tief im Blütengrunde geborgenem Honig, deren Besucherkreis sich neben Schmetterlingen hauptsächlich aus den langrüsseligen Bienen und Hummeln zusammensetzt, vorwiegend blaue und purpurrote Blütenfarben antrifft.

Gegen die Ansicht, daß die Bienen durch Farben im allgemeinen und durch bestimmte Farben in besonderem Grade angelockt werden, sprach sich Forel aus: „Die Farbe bildet ein Merkzeichen, aber keine Anziehung an und für sich für das Insekt" (21, p. 194); v. Dobkiewicz (19) kommt zu demselben Resultat, und ich bin der gleichen Ansicht. Denn würden bestimmte Farben an und für sich auf die Bienen anziehend wirken, dann hätte sich dies wohl in den Versuchen zeigen müssen, wo den auf Weiß, auf Grau oder auf das neutrale Blaugrün (No. 10 oder No. 11) dressierten Bienen die

ganze Farbenserie vorgelegt wurde. In solchen Fällen schwärmten sie aber stets ziellos über dem Versuchstische herum, und wenn sie sich setzten, geschah dies ohne ausgesprochene Zuneigung zu bestimmten Farben. So hatte ein Versuch, bei welchem den auf Weiß dressierten Bienen die Farbenserie vorgelegt wurde, folgendes Resultat:

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. d. Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz in 5 Min.	0	0	0	4	3	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0

Das gleiche Experiment an Bienen, die auf Blaugrün No. 10 dressiert waren, ergab folgende Zahlen:

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. d. Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz in 5 Min.	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	3	0	0	1

Zahlreiche andere Versuche führten zu dem gleichen Ergebnis.

Lubbock und Hermann Müller haben gewiß nicht falsch beobachtet. Ich glaube nur, daß man ihre Resultate auch anders erklären kann als durch eine „Farbenliebhaberei“ der Honigbiene. Lubbock selbst sagt (59, p. 202): „Ich habe niemals behauptet, daß es möglich sei, für die Beurteilung der Vorliebe der Bienen . . . für gewisse Farben gegenüber anderen einen vollkommen genauen Maßstab zu gewinnen . . . So wird vermutlich z. B. etwas auf die Blumenart ankommen, welche die Biene zu besuchen gewohnt ist: Eine Biene, welche an Maßliebchen gesogen hat, verhält sich wahrscheinlich sehr anders in dieser Hinsicht wie eine, die auf einer blauen Blumenart verkehrte.“ Ähnlich äußert sich Hermann Müller (64), und er führt auch Beobachtungen an, die zeigen, daß dieselbe Biene tagelang zu derselben Pflanze wiederkehrte. Solche Bienen sind dann auch sozusagen auf eine bestimmte Farbe „dressiert“. Und wenn man nun bedenkt, daß bei den „Immenblumen“ Blau und Purpurrot als Blütenfarben vorherrschen, kann man sich wohl die durchschnittliche (keineswegs übermäßig starke) Bevorzugung des Blau in jenen Experimenten so erklären, daß von den beteiligten Bienen eine größere Zahl vorher an blauen Blumen verkehrt hatte als an gelben oder weißen.

Doch wie ist nun das Vorherrschen des Blau als Blütenfarbe bei den hochorganisierten „Immenblumen“ zu verstehen? Die Tatsache selbst kann nicht bezweifelt werden [ich verweise nur auf KIRCHNER (44) p. 104, 122, 139, 170, 227; KNUTH (45) Bd. 1, p. 127 bis 164; VERHOEFF (107) p. 126]. Ihre alte Erklärung durch die Blauvorliebe der Biene mußten wir aufgeben. Nun möchte ich auf folgendes aufmerksam machen: Blau ist diejenige Blütenfarbe, die sich für das Bienenauge von der Farbe des Laubes — soweit sich dies beurteilen läßt — am wirksamsten abheben muß. Denn es hat sich gezeigt, daß das Blattgrün von den Bienen in einem gelben Farbton gesehen wird, aus dem die Farbe der gelben Blumen nur durch ihre größere Sättigung herausleuchten wird (vgl. S. 38); auch weiße Blumen sind vielleicht für das Bienenauge in dem „ungesättigten Gelb“ weniger auffallend als für unser Auge in dem satten Grün des Laubes. Ein Farbenkontrast besteht nur bei blauen Blüten (und bei purpurroten, die ja für die Bienen gleichfalls blau sind). Da scheint es mir verständlich, daß die „Immenblumen“, die in ihrem Bau im allgemeinen die höchste Anpassung an den Insectenbesuch erkennen lassen, die die kompliziertesten und besten Vorkehrungen zur Sicherung der Kreuzbefruchtung entwickelt haben, so häufig auch diejenige Farbe erworben haben, durch die für die Biene die Augenfälligkeit der Blüte aufs höchste gesteigert ist.

Mancher mag diesen Satz allzu gewagt finden. Darum sei noch betont: das Vorherrschen der blauen und purpurroten Blütenfarbe bei den höchstorganisierten Insectenblüten wurde von den Botanikern ohne Rücksicht auf den Farbensinn der Insecten festgestellt. Unabhängig davon ergibt sich aus meinen Versuchen, daß bei blauer oder purpurroter Färbung die Augenfälligkeit einer Blüte für das Bienenauge am größten ist. Und so läßt sich zwanglos die blaue oder purpurrote Blütenfarbe der „Immenblumen“ den anderen Merkmalen einreihen, durch welche sich diese Blumengruppe vor den primitiveren Insectenblüten auszeichnet.

4. Der Formensinn der Biene und seine Bedeutung beim Blumenbesuch.

Fliegen und Käfer sind ein unstetes Volk; sie lassen sich bald auf diesen, bald auf jenen Blumen nieder, und es gehört ein gut Teil Zufall dazu, daß sie beim Blütenbesuch Kreuzbefruchtung herbeiführen. Bei manchen Fliegen und bei den Hymenopteren geht mit

der morphologischen Anpassung an den Blumenbesuch, die eine bessere Ausnützung der Blüten ermöglicht, eine größere Blumenstetigkeit Hand in Hand, um bei den bestangepaßten Blütenbesuchern, den langrüsseligen Bienen, den höchsten Grad zu erreichen.[1]) Vor allem die Honigbiene ist in hohem Grade blumenstet, d. h. in der Regel besucht jedes Individuum bei seinen Ausflügen durch längere Zeit hindurch (stunden- und tagelang) nur Blüten der gleichen Pflanzenart.[2]) Dies ist für beide Teile von Vorteil: die Biene, welche nur Blumen der gleichen Art befliegt, trifft überall auf die gleiche Blüteneinrichtung, mit der sie schon vertraut ist, und wird so in der gleichen Zeit eine größere Ausbeute machen, als wenn sie wahllos an verschiedene Pflanzen flöge; für die Blüte ist es zur Sicherung der Kreuzbefruchtung von größter Bedeutung.

Wie rasch und sicher eine Biene auf einer blumenreichen Wiese die Blüten einer bestimmten Pflanzenart herausfindet, davon kann man sich leicht überzeugen. Daß sie sich hierbei vor allem nach der Blütenfarbe orientiere, war eine naheliegende Annahme, solange man bei der Biene einen Farbensinn voraussetzte, der dem unserigen an Vollkommenheit nicht nachstünde. Nun wissen wir aber, daß das Bienenauge „rotgrünblind" ist und im Unterscheidungsvermögen für Farbennuancen dem normalen, farbentüchtigen Menschenauge weit nachsteht. So wenig die Bienen bei unseren Versuchen Violett von Blau und Purpurrot, Gelb von Grün und Orangerot unterscheiden lernten, so wenig werden sie beim Blumenbesuch solche Farben auseinanderhalten können. Wenn sie nun da, wo für uns eine Fülle von Farbennuancen besteht, nur „blaue", „gelbe" und „weiße" Blumen sehen, dann kommen wir mit der Blütenfarbe allein zur Erklärung der Blumenstetigkeit bei weitem nicht aus; es müssen auch andere Merkmale zur Unterscheidung der Blumen von den Bienen benutzt werden.[3]) Als solche kommen Zeichnung und Form der

---

1) Vgl. Knuth (45), Vol. 1, p. 229, 230.

2) Ausnahmen kommen vor, besonders bei spärlicher Tracht. Belege für die Blumenstetigkeit findet man bei Bennett (4), Berlepsch (5, p. 86), Christy (14), Dalla-Torre (15), Detto (18), Knuth (45, Vol 1, p. 197), Kronfeld (48), Müller (64), Neger (65, p. 635), Pérez (67) u. A. Ausnahmen konstatiert Bulman (10, 11) und Plateau (86).

3) Daß nicht die Blütenfarbe allein für die Bienen bestimmend sein kann, geht auch schon aus älteren Angaben hervor. Es wurde mehrfach beobachtet, daß Bienen da, wo verschiedenfarbige Varietäten einer Pflanzenart nebeneinander standen, die Blumen dieser

Blumen und ihr Duft in Betracht. Meines Wissens wurde nie untersucht, ob die Bienen verschiedene Blumendüfte zu unterscheiden vermögen und wie weit sie sich beim Blumenbesuch durch den Geruchssinn leiten lassen; ich will daher auf diesen Punkt nicht näher eingehen. Dagegen möchte ich nun über Versuche berichten, die entscheiden sollten, ob die Form der Blumen und — bei mehrfarbigen Blüten — die Anordnung der Farben in der Blüte von den Bienen als Merkzeichen benutzt wird.

In der Literatur findet man über den Formensinn der Insecten nur äußerst spärliche Angaben, und diese stehen miteinander in Widerspruch. PLATEAU (69—76, 84, 87) kam durch zahlreiche, freilich nicht einwandfreie Versuche zu dem Schlusse, daß die Bienen und andere Arthropoden die Form der Objekte sehr schlecht oder gar nicht unterscheiden könnten. FOREL dagegen führt zwei Beobachtungen an, die dafür sprechen, daß Hummeln und Wespen Formunterschiede erkennen und beachten.

Er fütterte in seinem Zimmer eine Hummel auf einer blauen Papierscheibe mit Honig. Nachdem sie wiederholt heimgeflogen und wiedergekehrt war, ersetzte er die blaue Scheibe durch einen blauen, mit Honig versehenen Streifen und legte die blaue Scheibe ohne Honig etwa 9 cm entfernt nieder. „Bei ihrer nächsten Wiederkehr flog die Hummel geradenwegs nach der Scheibe, obwohl diese sich jetzt an einem anderen Ort befand. Doch machte sie hier nur eine einzige Tour und begab sich dann nach dem schmalen Streifen, an dessem süßen Anstrich sie sich ergötzte. Nun gab ich ihr wieder die erste Scheibe mit Honig, zu der sie mehrfache Beutezüge unternahm. Nach zwei Stunden legte ich den blauen honigbestrichenen Streifen genau dorthin, wo zuvor die blaue honigbestrichene Scheibe gewesen war, und eine blaue Scheibe ohne Honig in zirka 6 cm Entfernung. Diesmal flog meine Hummel zunächst zu dem

---

Pflanzenart ohne Unterschied der Farbe besuchten [BENNETT (4), CHRISTY (14), PLATEAU (78, 82)]. Hier haben sie sich von anderen, diesen Blumen gemeinsamen Merkmalen leiten lassen. Dagegen sind auch andere Fälle bekannt, wo Bienen und Hummeln zum Besuche der Blüten verschiedener Pflanzenarten offenbar durch deren identische Farbe veranlaßt wurden. So teilt mir FRITZ v. WETTSTEIN mit, daß er im Wiener botanischen Garten die gleichen Bienen die verschiedensten *Salvia*-Arten besuchen sah, die die gleiche, blauviolette Blütenfarbe hatten (*Salvia limbata*, *S. pratensis*, *S. nemorosa*, *S. silvestris* u. a.); weißblühende *Salvia*-Arten (*S. austriaca* und *globosa*), welche zwischen den blauen standen, wurden von diesen Bienen gemieden. Ich selbst sah eine Hummel abwechselnd an *Trifolium pratense* und *Lamium maculatum* saugen, die beide purpurrot blühten. Ähnliche Beobachtungen an Hummeln machten BENNETT (4) und CHRISTY (14).

schmalen Streifen (also an den vorherigen Platz), doch verweilte sie hier kaum einen Augenblick, sondern begab sich sogleich nach der leeren Scheibe, die sie von allen Seiten untersuchte und um die sie zwei bis drei Mal herumflog. Nun erst ging es zu dem schmalen Streifen zurück, wo sie nunmehr den Honig ausfindig machte" (21, p. 28).

An einer Wespe stellte er ähnliche Versuche an. Er fütterte sie auf einer weißen Papierscheibe von ca. 3 cm Durchmesser (das Experiment fand auf dem grauen Deckel eines Koffers statt). Dann strich er Honig auf ein Kreuz aus weißem Papier, dessen Arme 11 cm lang und $2^1/_4$ cm breit waren. „Das Kreuz mit und die Scheibe ohne Honig legte ich nun ziemlich nahe voneinander zu beiden Seiten der Stelle, wo die Wespe vorher ihre Labung gefunden hatte. Als sie jetzt zurückkam, suchte sie ein wenig, fand aber den Honig bald genug. Ich dachte nun, daß vielleicht das Kreuz der Scheibe zu ähnlich sei und schnitt deshalb einige Streifen Papier von 10 cm Länge und 8 mm Breite. Nach dem Wegfliegen der Wespe entfernte ich das Kreuz und legte nun auf jede Seite der Stelle, wo dasselbe gelegen hatte, und zwar 3—4 cm von dieser entfernt, eins meiner Präparate: auf die eine Seite die Scheibe ohne Honig, auf die andere einen Streifen mit Honig. Sobald die Wespe sich nahte, flog sie stracks zu der weißen Scheibe, die sie lange Zeit vergeblich nach Honig absuchte. Dann suchte sie die leere Mitte, also das Stück grauen Koffers, wo das Kreuz gelegen hatte, ab und flog, da sie auch dort nichts fand, wieder fort. Sehr bald kehrte sie indessen zurück, suchte nochmals auf der weißen Papierscheibe, nochmals auf dem leeren Stück grauen Koffers und roch und suchte so hartnäckig und eifrig nach rechts und links, daß sie schließlich doch den Honig ausfindig machte.

„Ich legte nun einen zweiten schmalen Papierstreifen ohne Honig neben den ersten (den ich sodann entfernte) und strich etwas Honig auf das große Kreuz, das ich auf die andere Seite legte, beide Gegenstände in der gleichen Entfernung von der Stelle, wo die Wespe das letztemal gefressen hatte. Jetzt kam die Wespe zurück und flog geradenwegs zu dem neuen schmalen Papierstreifen. Da sie hier nichts fand, suchte sie in der Umgebung und fand sehr schnell das Kreuz.

Es ist interessant zu beobachten, wie dieselbe Wespe . . . sich bei jeder Gelegenheit des Papiers erinnerte, von dem sie ihren letzten Imbiß genommen hatte, und zwar nach seiner Form und Größe, denn ich ersetzte das honigbestrichene Papier jedesmal durch ein anderes, das genau nach demselben Muster geschnitten war."

Am folgenden Tage wurde die Wespe wieder von dem Papierkreuz gefüttert: sie flog dann auf ein leeres Kreuz, obwohl daneben ein honigbestrichener Streifen lag (21, p. 25—27).

Um zu sehen, ob sich bei der Biene eine Dressur auf eine bestimmte Form erzielen ließe, ging ich zunächst so vor: Aus einem Karton, der mit gelbem Papier (Gelb No. 4, Taf. 5) überzogen war, wurden Ellipsen und sechseckige Sternchen ausgeschnitten, die gleichen Flächeninhalt hatten; sie sind in Fig. Ca

wiedergegeben. Diese Schablonen erhielten in der Mitte ein Loch, welches genau auf Glasröhrchen von 1 cm Durchmesser paßte (vgl. Fig. Cb). Jedes solche Röhrchen (Länge 3 cm) wurde an einem Ende durch einen mit Stift (*St*) versehenen Kork (*K*) verschlossen, am anderen Ende wurde ein Sternchen oder eine Ellipse (*S*) angebracht und die Befestigung dieser Schablonen durch etwas Plastilin (*P*) gesichert. Nun wurden drei mit gelben Sternchen und drei mit gelben Ellipsen versehene Röhrchen mittels der Stifte *St* auf einem

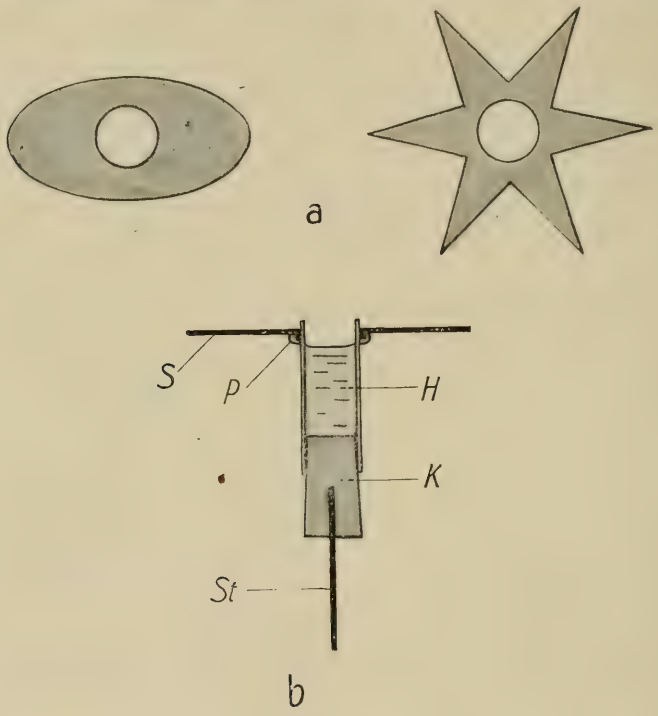


Fig. C.

Tische aufrecht in beliebiger Anordnung befestigt und die Sternröhrchen mit verdünntem Honig (*H*) gefüllt, während die Ellipsenröhrchen leer blieben. Die Bienen lernten rasch, die neue Honigquelle auszubeuten und krochen durch das Loch inmitten der Sternchen gänzlich in die Röhrchen hinein, sobald der Honig für sie von außen nicht mehr erreichbar war. Bei jeder Fütterung wurde die gegenseitige Lage der Sternchen- und Ellipsenröhrchen verändert und so die Dressur durch mehrere Tage fortgesetzt.

Nach 3tägiger Dressur wurde ein Zählversuch vorgenommen; die 6 Dressurröhrchen wurden entfernt und durch 6 reine, mit neuen Schablonen versehene Röhrchen ersetzt, derart, daß an die Stellen des Tisches, wo zuletzt ein Sternröhrchen gewesen war, ein Ellipsenröhrchen gesteckt wurde und umgekehrt. Wir zählten nun 5 Minuten lang (16. August 1913, 9^{40}—^{45}) die Bienen, die sich auf die Schablonen setzten; jede Biene wurde sofort, nachdem sie sich gesetzt hatte, aufgejagt, so daß es zu keiner Klumpenbildung kam. Es setzten sich:

Auf die 3 Sternchen: 31, 29 und 25 Bienen,
„ „ 3 Ellipsen: 4, 5 und 6 „

Am folgenden Tage wurde der Versuch in gleicher Weise wiederholt, nur wurden diesmal die Bienen nicht aufgejagt; es waren ziemlich wenige da, so daß es zu keiner Klumpenbildung kam. Es setzten sich (17. August 1913, 8^{05}—^{10}):

Auf die 3 Sternchen: 31, 24 und 19 Bienen,
„ „ 3 Ellipsen: 4, 3 „ 2 „

Ein 3. Versuch hatte den gleichen Erfolg. Die Dressur auf die Sternform war also gelungen.

Wo Farbe und Form in Konkurrenz treten, scheint die Farbe für die Biene von größerer Bedeutung zu sein. Als ich nämlich den auf die gelben Sternchen dressierten Bienen schwarze Sternchen und gelbe Ellipsen vorsetzte [1]), flog weitaus die Mehrzahl der Tiere nach den gelben Ellipsen, und die schwarzen Schablonen blieben trotz ihrer Sternform fast unbeachtet. Es setzten sich (17. Aug., 8^{20}—^{24}):

Auf die 3 schwarzen Sternchen: 6, 3 und 5 Bienen.
Auf die 3 gelben Ellipsen: 41, 304 und 55 Bienen.
Leider habe ich den Versuch nicht wiederholt.

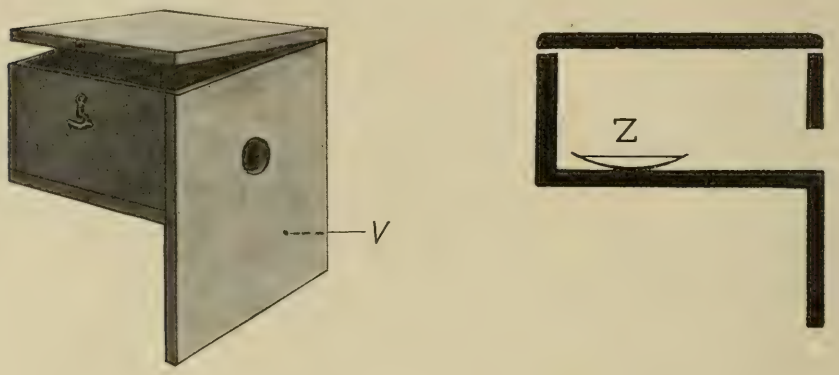
Zur Kontrolle wurden die Bienen von jetzt ab bei im übrigen gleicher Anordnung auf die gelben Ellipsen dressiert. Bei einem Versuche nach 1tägiger Dressur erhielten noch die Sternchen einen stärkeren Besuch als die Ellipsen. Nach 2- und 3tägiger Dressur wurden in insgesamt 8 Versuchen stets die Ellipsen stärker, und zwar ca. doppelt so stark, frequentiert als die Sternchen. So setzten sich in einem Versuche (am 20. August 1913, 6^{05}—^{10}), bei welchem jede Biene, die sich gesetzt hatte, sofort aufgejagt wurde, Klumpenbildung somit verhindert war:

Auf die 3 Ellipsen 89, 23 und 39 Bienen
„ „ 3 Sternchen 26, 21 „ 20 „

1) Die Bienen waren an dieser Futterstelle vor Beginn der Formdressur auf Blau dressiert gewesen.

Sehr ähnlich waren die Zahlenverhältnisse in den übrigen Versuchen, auch wenn Klumpenbildung nicht verhindert wurde.

Daß hier nach 3tägiger Dressur noch kein besserer Erfolg zu vermerken war, ist gewiß zum Teil auf die vorangegangene Sternchendressur zurückzuführen; die Erinnerung an diese mußte einem raschen Erfolg bei der Ellipsendressur hinderlich sein. Wichtiger aber schien mir ein anderer Umstand, der sich störend bemerkbar machte. Bei der Kleinheit der Schablonen waren die Ellipsen während der Dressur von dem Klumpen der saugenden Bienen in der Regel fast ganz verdeckt, so daß die neu anfliegenden Bienen die Ellipsengestalt nur schlecht oder gar nicht wahrnehmen konnten[1]); darum brach ich diesen Versuch am 3. Tage der Ellipsendressur ab und traf eine andere Anordnung, bei welcher der erwähnte Übelstand vermieden wurde.



a b

Fig. D.

Ich ließ mir eine größere Zahl von Holzkästchen anfertigen, von denen eines in Fig. D abgebildet ist. Die Maße betragen (innen) $10 \times 10 \times 5$ cm. Der Deckel ist mit Scharnieren befestigt und auf der anderen Seite durch ein Häkchen verschließbar. Die Vorderwand (V) des Kästchens mißt (außen) 11×11 cm und hat unmittelbar über dem Boden des Kästchens ein Loch von $1^1/_2$ cm Durchmesser (vgl. auch den Längsschnitt durch das Kästchen, Fig. Db). Bei der Dressur wurden die Kästchen auf einem Brett so aufgestellt, wie es Fig. E zeigt. Auf der Vorderwand jedes Kästchens ist mit 4 Reiß-

1) Bei der Dressur auf die Sternchen waren, auch wenn ein Bienenklumpen auf dem Röhrchen saß, die Sternzacken deutlich sichtbar.

nägeln ein Karton befestigt, auf dem Schablonen aufgeklebt sind. Schablone und Karton tragen ein (mit Locheisen ausgestanztes) Loch, das sich mit dem Loch in der Vorderwand des Kästchens deckt. Die Bienen müssen durch dieses Loch, um ins Innere des Kästchens zu gelangen. In der Regel wurden 4 Kästchen nebeneinander aufgestellt, von denen je zwei die gleiche Schablone trugen. Die beiden Kästchen, die jene Schablonen trugen, auf welche die Bienen dressiert werden sollten, enthielten innen eine Schale mit Zuckerwasser (Fig. Db, *Z*), die ca. alle $^3/_4$ Stunden neu gefüllt wurde; die beiden anderen Kästchen waren leer. Fast bei jeder Fütterung wurden die Plätze der Kästchen verändert.

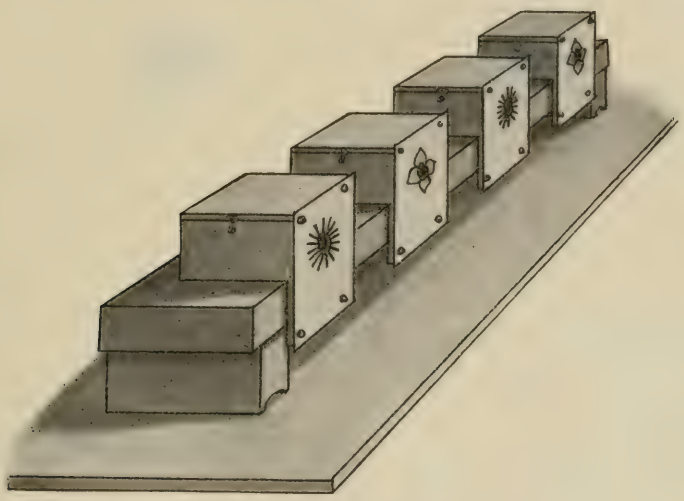


Fig. E.

So war die Anordnung während der Dressur. Sollte ein Versuch gemacht werden, so wurde er folgendermaßen vorbereitet: 4 reine Kästchen, die den Dressurkästchen vollständig glichen, aber nie zur Dressur benutzt wurden und nie mit Zuckerwasser in Berührung kamen, wurden in gleicher Weise wie die Dressurkästchen an der Vorderseite mit unbenutzten, reinen Kartons und Schablonen versehen. Alle 4 Kästchen blieben leer. Nun wurden die Dressurkästchen entfernt [1]) und die Versuchskästchen an ihre Stelle gesetzt,

1) Meist nachdem unmittelbar vorher gefüttert worden war, vgl. die Anm. 2 auf S. 13.

und zwar in vertauschter Anordnung, so daß das Ortsgedächtnis der Bienen, wenn es trotz des häufigen Platzwechselns während der Dressur das Resultat beeinflussen sollte, zuungunsten des erwarteten Erfolges wirken mußte. Und nun wurde die Zahl der Bienen festgestellt, die sich innerhalb einer bestimmten Zeit auf der Vorderseite der Kästchen niederließen.[1])

Auf diese Weise stellte ich außer anderen, später zu besprechenden Versuchsreihen auch die folgende an: Auf weiße Kartonblätter (12 × 12 cm) wurden Schablonen aus blauem Papier (Blau No. 12,

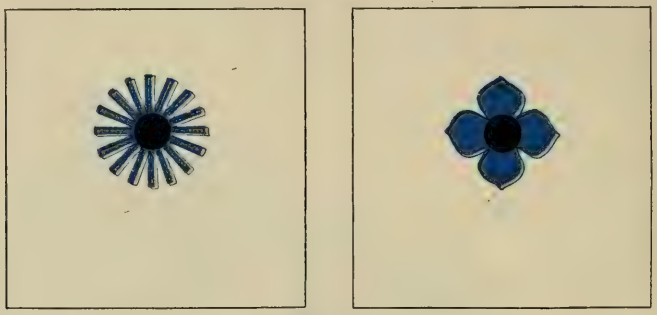


Fig. F.

Taf. 5) von zweierlei Form aufgeklebt; die eine Form war derart, daß blaue Streifchen strahlenförmig um das Loch in der Mitte des Kartons angeordnet waren, so wie die Strahlenblüten um die Scheibe einer Composite; die andere Form erinnerte etwa an das Aussehen einer Enzianblüte (vgl. Fig. F); ich bezeichne die beiden Formen im Folgenden kurz als „Strahlenform" und „Enzianform". Es wurden nun an 4 Holzkästchen 2 Strahlenformen und 2 Enzianformen in der geschilderten Weise befestigt. Nachdem ich mich überzeugt

1) Anfangs zählten wir die Bienen, die durch das Loch ins Innere jedes Kästchens krochen. Diese Methode erwies sich rasch als unpraktisch. Denn oft kroch eine Biene teilweise in ein Loch hinein und kehrte dann um, offenbar weil sie durch den Geruchssinn erkannt hatte, daß das Kästchen leer sei. In solchen Fällen konnte es zweifelhaft sein, ob ein Tier gezählt werden sollte oder nicht. Ferner entstand bei reichlichem Bienenbesuch in der engen Öffnung durch den Gegenstrom der Bienen, die das Kästchen verließen, häufig ein solches Gedränge, daß ein exaktes Zählen der hineinkriechenden Tiere nicht möglich war. Dagegen war es leicht, festzustellen, wie viele Bienen sich am Flugloch und in dessen Umgebung niederließen. Zur Vermeidung von Unsicherheiten wurde jede Biene gezählt, die sich auf der Vorderseite eines Kästchens niederließ; naturgemäß setzten sich fast alle Tiere in unmittelbarer Nähe des Flugloches.

hatte, daß die Bienen von vornherein keine der zwei Formen vor der anderen bevorzugten, wurden sie auf die Enzianform dressiert. Die Dressur begann am Morgen des 12. September 1913. Bereits nach wenigen Stunden war ein deutlicher Erfolg zu verzeichnen. Am Nachmittag des 12. September wurden 4 Zählversuche in der geschilderten Weise vorgenommen; sie ergaben folgende Resultate:

	Enzianform		Strahlenform	
Kästchen-No.	a	b	c	d
Bienenfrequenz 2^{50-55}	60	141	37	37
„ 3^{00-05}	155	250	39	30
„ 4^{35-40}	89	60	17	7
„ 4^{45-50}	216	83	24	24

In dieser und in den weiteren, unten beschriebenen Versuchsreihen wurde die Anordnung der Schablonen an den Versuchskästchen häufig vertauscht, um dem Einwande vorzubeugen, die stärkere Frequenz der mit der Dressurform versehenen Kästchen könnte das erstemal durch Zufall zustande gekommen sein und von dem einmaligen starken Besuche könnte an diesen Kästchen ein starker Bienengeruch haften geblieben sein, der nun auch in den weiteren Versuchen die Bienen zu der Bevorzugung dieser Kästchen veranlaßt hätte.

Am Morgen des folgenden Tages (13. September), also nach 1tägiger Dressur, wurde ein solcher Versuch photographisch festgehalten (Taf. 3 Fig. 10). Man sieht deutlich, wie die Bienen, obwohl alle Kästchen leer und rein sind, auf die mit der Dressurform versehenen Löcher zueilen, während die beiden anderen Kästchen (die an den Plätzen stehen an denen die Bienen zuletzt gefüttert wurden) wenig Beachtung finden.

Auch so war also die Dressur auf eine bestimmte Form gelungen, und zwar sehr rasch. So eklatante Zahlendifferenzen wie bei den in den ersten Kapiteln geschilderten Versuchen ergaben die Zählungen bei den Kästchenversuchen nie. Man könnte hierin eine Bestätigung für die auf S. 63 ausgesprochene Vermutung sehen, daß die Bienen auf die Farbe mehr achten als auf die Form (mit der Kästchenmethode nahm ich nur Formdressuren vor). Doch kommt auch in Betracht, daß die Frequenzunterschiede meist in den ersten 2—3 Minuten am stärksten waren, daß aber dann die Bienen, wenn sie die mit den Dressurformen versehenen Kästchen leer fanden, nach einigem vergeblichen Suchen auch die verführerischen Löcher der Nachbarkästchen visitierten, trotz der abweichenden Schablonen;

die geringe Zahl der Kästchen und ihre große Ähnlichkeit mußte ein solches Verhalten begünstigen.

Ich wollte nun ferner wissen, ob bei Blütenformen, bei welchen mehrere Farben miteinander in bestimmter Anordnung kombiniert sind, auch die Anordnung der Farben in der Blüte von den Bienen als Merkzeichen benutzt wird.

Zunächst sei ein Vorversuch erwähnt; zwar erwiesen sich die Gründe, die ihn ursprünglich veranlaßt hatten, später als hinfällig, doch lieferte er ein Nebenresultat, das von einigem Interesse ist.

An den Vorderseiten der Kästchen wurden Kartons (12 × 12 cm) befestigt, die mit gelbgrünem Papier (Gelbgrün No. 7, Taf. 5) überzogen waren. Das Loch in der Mitte der Kartons war an allen Schablonen von einem 1 cm breiten gelben Ringe (Gelb No. 4) umgeben; an diesen schloß sich bei den einen Schablonen ein weißer Strahlenkranz an, bei den anderen ein solcher von gelbgrünem Papier No. 7 (vgl. die Photographie Taf. 3 Fig. 11); der letztere war also in der Farbe mit dem Untergrunde identisch und wurde nur angebracht, um zwischen beiden Schablonen alle Bedingungen bis auf die Farbe des Strahlenkranzes gleich zu machen.[1])

Die Bienen sollten auf die Schablonen mit dem weißen Strahlenkranz dressiert werden. Vor Beginn der Dressur wurde geprüft, ob die Bienen nicht etwa von vornherein eine der beiden Schablonen bevorzugten; das überraschende Ergebnis war, daß dies in der Tat geschah. 3 Zählversuche ergaben folgende Resultate:

	Weißer Strahlenkranz auf grünem Grunde		Grüner Strahlenkranz auf grünem Grunde	
Kästchen-No.	a	b	c	d
Bienenfrequenz 30. Aug. 1913 1^{35-40}	33	52	3	8
„ „ 4^{40-45}	82	108	18	61
„ „ 4^{50-55}	92	118	28	42

Zwischen dem 2. und 3. Versuche wurden die Schablonen derart vertauscht, daß die Kästchen, welche mit einem weißen Strahlenkranze versehen gewesen, nun einen grünen erhielten und umgekehrt; das Resultat blieb das Gleiche, zu seiner Erklärung konnte also nicht etwa ein ungleicher Geruch der Kästchen herangezogen werden. Auch als ich andere Schablonen anwandte, bei welchen der mittlere gelbe Ring statt von einem

1) Ich stellte diesen Versuch zu einer Zeit an, als ich mich an einem anderen Dressurplatz vergeblich bemühte, eine Dressur auf Weiß zu erzielen (vgl. S. 21); er sollte zeigen, ob auch bei dieser Anordnung das Weiß nicht beachtet würde. Als die Weißdressur später gelang, verlor er seine Bedeutung.

weißen Strahlenkranze von einem einheitlichen weißen Ringe (von ca. $2^1/_2$ cm Breite) und bei den anderen Schablonen statt von einem grünen Strahlenkranze von einem grünen Ring umgeben war, wurden in 2 Zählversuchen die weißgelben Schablonen stark bevorzugt. Sowohl die Schablonen mit dem weißen Strahlenkranz wie jene mit dem weißen Ring um das gelbe Zentrum besaßen nach unseren Begriffen eine viel größere Blumenähnlichkeit als die anderen Schablonen; das mag auch die Bienen zum stärkeren Besuch dieser Schablonen veranlaßt haben. Doch habe ich diesen Punkt nicht weiter verfolgt, und die angeführten Versuche sind nicht zahlreich genug, um sichere Schlüsse ziehen zu können.

Die Bienen wurden nun mehrere Tage lang aus den mit weißen Strahlenkränzen versehenen Kästchen gefüttert. In 4 Zählversuchen wurden stets die weißen Strahlenkränze stark bevorzugt. Auf Taf. 3 Fig. 11 ist die Photographie eines solchen Versuches wiedergegeben.

Ebenso wie hier die papiernen weißen Strahlenkränze, werden in der Natur die Strahlenblüten der Compositen von den Bienen beachtet werden, und man sieht auch aus diesen Versuchen, wie wenig die gegenteilige Ansicht Plateau's (76), die ja schon vielfach kritisiert wurde, das Richtige trifft.

Ich stellte mir nun Schablonen her, welche die gleichen Farben in verschiedener Anordnung aufwiesen. Sie sind in Fig. G. abge-

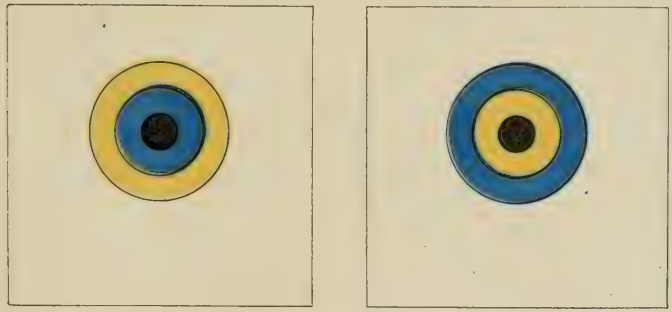


Fig. G.

bildet. Die blauen und gelben Ringe (je 1 cm breit) waren aus Blau No. 13 und Gelb No. 4 auf weißem Karton aufgeklebt. Da die Bienen in den letzten Tagen auf Schablonen mit gelb geändertem Flugloche dressiert worden waren (vgl. die eben geschilderte Versuchsreihe), war zu erwarten, daß sie von den neuen Schablonen noch vor Beginn der Dressur die bevorzugen würden, bei welchen das Flugloch unmittelbar von dem gelben Ringe umgeben war. Die Erwartung bestätigte sich; ein Zählversuch liefert folgendes Ergebnis:

Kästchen-No.	Innen Blau Außen Gelb a	b	Innen Gelb Außen Blau c	d
Bienenfrequenz 6. Sept. 1913 2^{50}–55	17	11	57	67
„ „ 2^{55}–3^{00}	11	3	35	47

Die Plätze der Kästchen wurden zwischen beiden Versuchen vertauscht.

Nun wurden die Bienen auf die weniger frequentierte Schablone (innen Blau, außen Gelb) dressiert. Nach 2 Tagen ergab ein Zählversuch eine deutliche Bevorzugung der Dressurschablonen, und nach 2 weiteren Tagen war der Erfolg noch besser:

Kästchen-No.	Innen Blau Außen Gelb a	b	Innen Gelb Außen Blau c	d
Bienenfrequenz 8. Sept. 1913 4^{00}–05	157	194	65	79
„ 10. Sept. 1913 9^{20}–25	195	232	53	74
„ „ 9^{30}–35	215	221	55	104

Besonders klar war der Erfolg, wie schon erwähnt wurde (S. 67), in den ersten Minuten der Versuche zu erkennen.[1]) Die Photographie Taf. 3 Fig. 12 gibt eine richtige Vorstellung von dem Benehmen der Bienen zu Beginn eines solchen Versuches.

Nun könnte man sagen: hier sind die Bienen vielleicht nur auf ein blaugeändertes im Gegensatz zu einem gelbgeänderten Flugloch dressiert worden; die äußeren Farbringe haben sie wegen ihrer größeren Entfernung vom Flugloch weniger beachtet. Daß sie die Anordnung der Farben an mehrfarbigen Objekten als Merkzeichen verwerten, lasse sich aus solchen Versuchen nicht mit Sicherheit entnehmen.

Ich verwendete nun in einer weiteren Versuchsreihe Schablonen, bei denen nur die Anordnung der beiden Farben (Blau und Gelb) verschieden, dagegen ihr Mengenverhältnis in jedem Abstand vom Flugloch gleich war (vgl. Fig. H). Zunächst versah ich 2 Kästchen mit Scheiben, die in 8 abwechselnd blau und gelb gefärbte Felder geteilt waren („$^{8}/_{8}$-Scheiben“) und 2 Kästchen mit Scheiben, die in

1) Da die Bienenfrequenz von Minute zu Minute notiert wurde, ist dies auch aus den Protokollen zu ersehen; doch halte ich es nicht für nötig, diese in extenso wiederzugeben.

4 solche Felder geteilt waren („$^4/_4$-Scheiben“) und dressierte auf die $^8/_8$-Scheiben. Nach dreitägiger Dressur war noch kein Erfolg zu verzeichnen; die Bienen flogen bei den Versuchen in annähernd gleicher Zahl an alle Kästchen.[1]) Nun ersetzte ich die $^4/_4$-Scheiben durch solche, die in eine blaue und eine gelbe Hälfte geteilt waren („$^2/_2$-Scheiben“); diese wurden derart befestigt, daß die Trennungslinie zwischen der blauen und der gelben Hälfte vertikal stand.

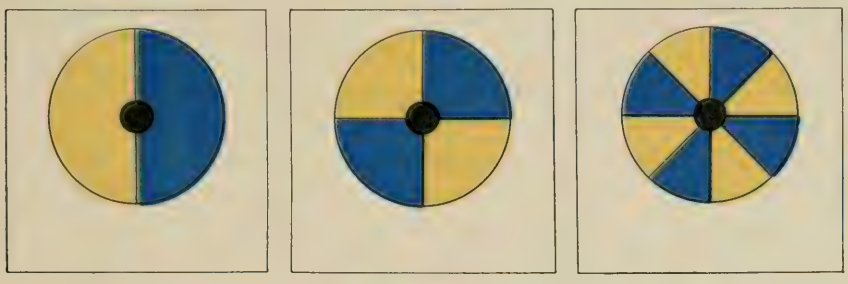


Fig. H.

Es wurde weiter auf die $^8/_8$-Scheiben dressiert. Nun war die Dressur bald erfolgreich. Beim 1. Versuch (nach 2 Tagen) wurden die Dressurschablonen angenähert doppelt so stark besucht wie die $^2/_2$-Scheiben. Vier andere Versuche lieferten das gleiche Resultat. Nach fünftägiger Dressur war ein weiterer Fortschritt zu verzeichnen; es wurden 3 Zählversuche mit folgenden Resultaten angestellt:

		$^8/_8$-Scheiben		$^2/_2$-Scheiben	
	No. des Kästchens	a	b	c	d
Bienenfrequenz 29. Aug. 1913	9^{50-55}	237	266	61	114
„ „	2^{05-10}	210	249	54	76
„ „	2^{35-40}	200	210	82	91

Auf Taf. 3 Fig. 13 ist ein solcher Versuch photographisch festgehalten.

Am folgenden Tage versuchte ich nochmals, ob jetzt vielleicht die $^8/_8$-Scheiben von den $^4/_4$-Scheiben unterschieden würden. Dies war nun in der Tat der Fall, wenn auch in recht bescheidenem Maße. Drei Zählversuche lieferten folgende Zahlen:

1) Es ist bemerkenswert, daß unserem Auge solche Scheiben, aus einiger Entfernung betrachtet, sehr ähnlich erscheinen.

No. des Kästchens			$^8/_8$-Scheiben a	$^8/_8$-Scheiben b	$^4/_4$-Scheiben c	$^4/_4$-Scheiben d
Bienenfrequenz	30. Aug. 1913	9^{45-50}	185	100	66	53
„	„	11^{25-30}	106	122	96	72
„	„	12^{15-20}	151	96	91	75

Taf. 3 Fig. 14 zeigt die Photographie eines solchen Versuches. Man erkennt auch im Bilde den schlechteren Erfolg gegenüber der zuvor geschilderten Anordnung. Es muß freilich hervorgehoben werden, daß nun die Bienen nicht auf die $^8/_8$-Scheiben im Gegensatze zu den $^4/_4$-Scheiben, sondern auf die $^8/_8$-Scheiben im Gegensatze zu den $^2/_2$-Scheiben dressiert waren; auch bei den zuletzt beschriebenen Versuchen waren in den Zwischenzeiten an den Dressurkästchen $^8/_8$- und $^2/_2$-Scheiben angesteckt. Durch länger fortgesetzte Dressur hätte sich wahrscheinlich auch eine bessere Unterscheidung der $^8/_8$- und $^4/_4$-Scheiben erzielen lassen.

Bei diesen Scheiben war durch die verschiedene Verteilung der Farben in gewissem Sinne auch eine Verschiedenheit der Form gegeben; man kann sagen, daß die Bienen auf eine sternförmige Figur dressiert waren. Es schien mir von Interesse, ob die Tiere auch solche Schablonen voneinander unterscheiden lernten, die die gleichen zwei Farben in gleicher Menge und Verteilung enthielten und bei denen nur die relative Lage der Farben verschieden war.

Ich brachte an den 4 Kästchen Scheiben an, die zur Hälfte blau, zur Hälfte gelb waren. Bei allen Kästchen stand die Trennungslinie der blauen und gelben Hälfte vertikal. Doch bei 2 Kästchen war die blaue Hälfte links, die gelbe rechts vom Flugloch, bei den zwei anderen war die gelbe Hälfte links, die blaue rechts vom Flugloch. Bei einem Vorversuch vor Beginn der Dressur besuchten die Bienen alle 4 Kästchen in angenähert gleicher Zahl. Nun wurden sie auf „links Gelb, rechts Blau“ im Gegensatze zu „links Blau, rechts Gelb“ dressiert. Sie erlernten die neue Aufgabe überraschend schnell. Nach 1- und 2tägiger Dressur wurden je zwei Zählversuche angestellt, mit folgendem Ergebnis:

Nummer des Kästchens			links Gelb rechts Blau a	links Gelb rechts Blau b	links Blau rechts Gelb c	links Blau rechts Gelb d
Bienenfrequenz	11. Sept. 1913	4^{00-04}	140	118	20	9
„	11. Sept. 1913	4^{15-20}	132	217	48	33
„	12. Sept. 1913	9^{18-23}	191	170	36	31
„	12. Sept. 1913	9^{30-35}	133	181	29	21

Wie klar das Resultat in den ersten 1—2 Minuten eines solchen Versuches war, zeigt die Photographie Taf. 3 Fig. 15.

Das rasche Erfassen eines solchen scheinbar abstrakten Merkmales ist nicht so verwunderlich, wie es auf den ersten Blick manchem erscheinen mag. Denn das bekannte gute „Ortsgedächtnis" der Biene beruht ja zum großen Teile auf der Fähigkeit, sich einzuprägen, was links, was rechts von dem Orte ist, den sie wiederfinden soll.

Aus all diesen Versuchen geht hervor, daß neben der Blumenfarbe auch die Blumenform, daß bei mehrfarbigen Blumen auch die Anordnung der Farben an der Blüte oder am Blütenstand von den Bienen als Merkzeichen verwertet werden kann. Und hiermit sind wohl genügend viele Merkmale gegeben, um die Blumenstetigkeit der Bienen, trotz ihres beschränkten Farbensinnes, befriedigend zu erklären, auch dann, wenn sich herausstellen sollte, daß für sie der Blütenduft bei der Unterscheidung der Blumen keine wesentliche Rolle spielt. Denn der Formenreichtum in der Blumenwelt ist groß, und auch die Farbenkombinationen sind höchst mannigfach, wenn wir die „Saftmale" in die Betrachtung einbeziehen. Diese sind wohl geeignet, ein charakteristisches Merkmal für eine Blume abzugeben und deren Unterscheidung von anderen, ähnlichen Blumen zu erleichtern. Und hierin dürfte zum guten Teile ihre biologische Bedeutung liegen (vgl. S. 56). Dann ist auch die Tatsache nicht mehr rätselhaft, daß sich ein „Saftmal" auch bei manchen „Saft"losen Pollenblumen findet, das „immer nach den Stellen hinweist, wo sich Nektar finden würde, nicht aber dahin, wo sich der Pollen befindet" (Knuth 45, Vol. 1, p. 119).

5. Mißglückte Dressurversuche mit unnatürlichen Formen. Ein Beitrag zur Psychologie der Biene.

Die Bienen lieferten bei den Dressurversuchen unzählige Beweise von Assoziations- und Erinnerungsvermögen. — Wie rasch man unter günstigen Umständen eine Dressur erzielen kann, habe ich nicht untersucht. In der Regel ließ ich vom Beginn einer neuen Dressur bis zum ersten Zählversuch ein bis zwei Tage verstreichen. Hier handelte es sich aber darum, möglichst alle Bienen, welche an einem Futterplatze verkehrten, auf die neue Vorlage zu dressieren, und da gewiß manche Tiere den Flug zeitweilig einstellten, läßt sich aus solchen Versuchen kein Maßstab für das Lernvermögen des

einzelnen Individuums ableiten. Es ist bemerkenswert, daß bei einem spät im September vorgenommenen Versuche (Dressur auf Chlorophyllfarbstoff), an dem wegen der vorgeschrittenen Jahreszeit nur wenige Bienen beteiligt waren und wo ich daher, ohne ein Überhandnehmen der Tiere fürchten zu müssen, ununterbrochen füttern konnte, schon nach zwei Stunden die Dressur vollkommen gelungen war. Sie mag unter günstigen Verhältnissen noch rascher gelingen. — Etwas genauere Mitteilungen kann ich über das Gedächtnis der Bienen machen. Wenn diese auf eine neue Farbe dressiert wurden, habe ich gelegentlich geprüft, wie lange sie die frühere Dressurfarbe im Gedächtnis behielten. So waren die Bienen zu Anfang des Sommers 1912 sechs Tage lang auf Gelb (No. 4) dressiert worden; dann wurde mit der Dressur auf Blau (No. 13) begonnen. Von Zeit zu Zeit wurden ein reines blaues und ein reines gelbes Blatt an zwei Plätzen der Grauserie, von denen (mit Rücksicht auf den Anflug der Bienen) keiner vorm andern begünstigt war, aufgelegt, alle Papiere mit leeren reinen Uhrschälchen beschickt und die sich setzenden Bienen auf den grauen und farbigen Papieren 20 Minuten lang gezählt. In der Zwischenzeit zwischen den Versuchen hatten die Bienen am Futterplatze und in seiner Umgebung kein gelbes Papier zu sehen bekommen. Ich brauche hier nur die Frequenz des blauen und gelben Blattes mitzuteilen; die grauen Papiere wurden so gut wie gar nicht besucht.

Versuch nach	zweitägiger Blaudressur		dreitägiger Blaudressur		viertägiger Blaudressur	
	$Gelb_4$	$Blau_{13}$	$Gelb_4$	$Blau_{13}$	$Gelb_4$	$Blau_{13}$
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	23	19	11	43	8	51
„ zweiten 5 „	37	4	23	74	3	38
„ dritten 5 „	36	9	25	73	9	43
„ vierten 5 „	24	4	18	94	3	13
Summa	120	36	77	284	23	145

Ein gleicher Versuch wurde im Sommer 1913 angestellt, als die Bienen auf die in Glasröhrchen eingeschmolzenen Farbpapiere (vgl. S. 25) dressiert wurden. Nach fünftägiger Dressur auf Gelbröhrchen (Gelb No. 5) wurde mit der Dressur auf Blauröhrchen (Blau No. 12) begonnen. In den nächsten Tagen wurde zweimal ein reines Gelb- und ein reines Blauröhrchen in die Serie der Grau-Röhrchen eingefügt, mit folgendem Resultat:

Versuch nach	zweitägiger Blaudressur		viertägiger Blaudressur	
	$Gelb_5$	$Blau_{12}$	$Gelb_5$	$Blau_{12}$
Bienenfrequenz in 5 Minuten	57	192	17	490

Die Grau-Röhrchen wurden in beiden Versuchen sehr schwach (durchschnittlich etwa jedes von einer Biene) besucht.

Wie deutlich bei der Dressur auf Grün No. 9 in den ersten Tagen eine Nachwirkung der vorangegangenen achttägigen Schwarz-Dressur zu erkennen war, ist aus den Tabellen 62—68 (S. 138) zu ersehen.

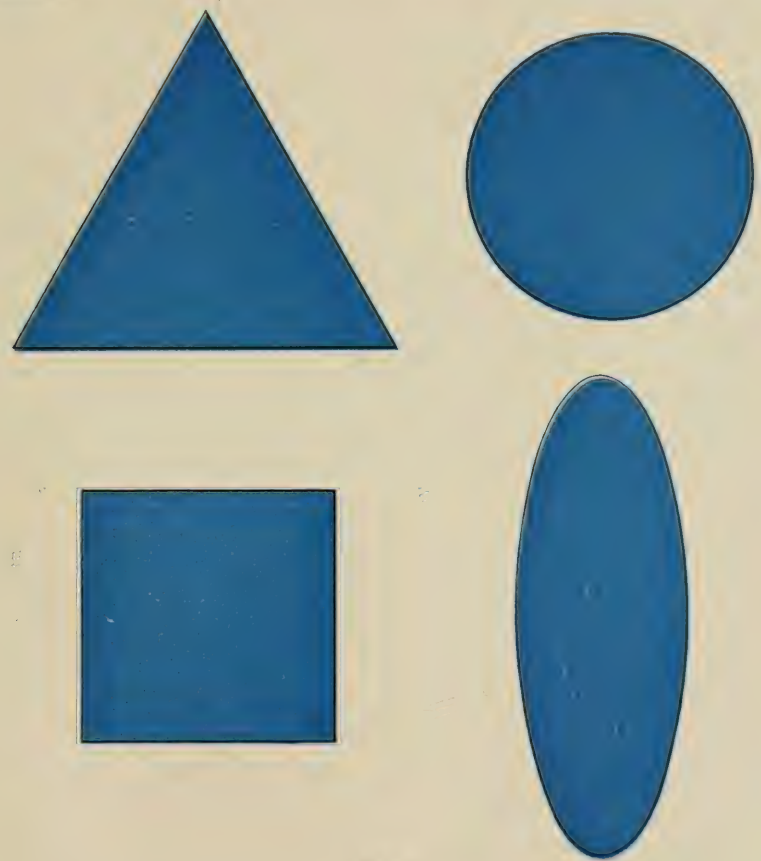


Fig. J.

Die Erfahrung, daß die Bienen ein gutes Gedächtnis besitzen, ist keineswegs neu. Und wenn man nun ferner gesehen hat, wie rasch sie sich an die verschiedensten Versuchsanordnungen anzupassen lernten, kann man wohl geneigt sein, vor den Leistungen des kleinen Bienenhirns Respekt zu bekommen.

Um so mehr war ich über den Ausgang anderer Versuchsreihen erstaunt, zu deren Schilderung ich nun übergehe.

Aus einem mit blauem Papier (Blau No. 12) überzogenem Karton wurden geometrische Figuren ausgeschnitten: ein Quadrat von 10 cm Seitenlänge und ein Dreieck, ein Kreis und eine Ellipse, die mit dem Quadrat gleichen Flächeninhalt hatten. Die vier Schablonen wurden auf einem Tische aufgelegt, und die Bienen sollten nun auf das Quadrat dressiert werden. Die Fig. J zeigt die Verhältnisse der Schablonen und ihre Anordnung auf dem Versuchstisch. Die gegenseitige Lage wurde natürlich wieder häufig gewechselt. Die Bienen wurden neun Tage lang auf dem Quadrat gefüttert, ohne daß der geringste Erfolg dieser Dressur erkennbar wurde. So oft ihnen reine, mit leeren Uhrschälchen beschickte Schablonen vorgelegt wurden, schwärmten sie zunächst gänzlich ziellos über ihnen herum, und dann war es sichtlich dem Zufall überlassen, wo eine größere Klumpenbildung zustande kam. Es wurden 11 Zählversuche vorgenommen, deren Resultate in der folgenden Tabelle eingetragen sind.

Beginn der Dressur: 22. August 1913.

	Dreieck	Kreis	Ellipse	Quadrat
Bienenfrequenz in 5 Min., 24. August	0	61	260	10
„ „ 27. „	12	21	6	9
„ „ 27. „	0	68	1	9
„ „ 28. „	4	12	9	340
„ „ 28. „	0	11	287	11
„ „ 28. „	3	188	17	4
„ „ 28. „	0	96	4	4
„ „ 28. „	5	0	410	4
„ „ 28. „	56	3	155	13
„ „ 30. „	48	71	4	4
„ „ 31. „	3	25	15	12

Man könnte meinen, daß die verwendeten Schablonen zu groß, die Formen zu unübersichtlich für das Bienenauge gewesen seien. Ich habe daher den Versuch mit kleineren Schablonen wiederholt, und zwar nach der Kästchenmethode (S. 64), so daß die Formen

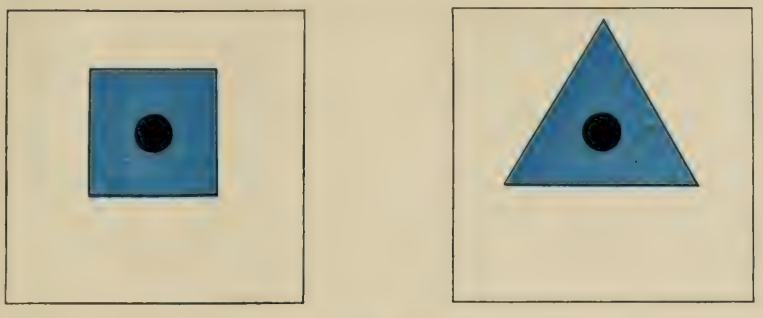


Fig. K.

für die anfliegenden Bienen möglichst deutlich sichtbar waren. Auf Kreis und Ellipse wurde verzichtet. Die Quadrate (5 cm Seitenlänge) und Dreiecke (von gleichem Flächeninhalt) waren aus blauem Papier auf weißem Karton (12 × 12 cm) aufgezogen und durchlocht, wie dies früher beschrieben wurde (vgl. Fig. K). Zwei Kästchen wurden an den Vorderseiten mit Dreiecken, zwei mit Quadraten

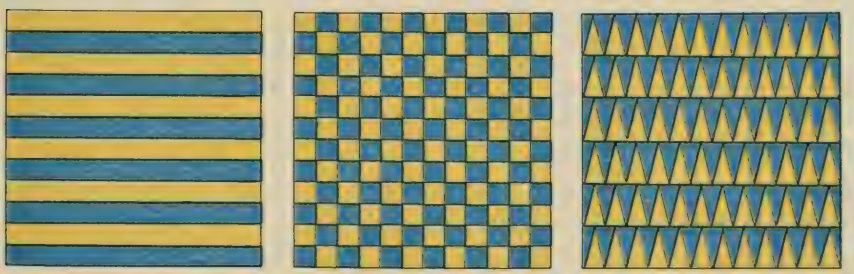


Fig. L.

versehen, und auf die letzteren wurde nun in der gewohnten Weise dressiert. Es war mir leider nicht möglich, die Dressur länger als zwei Tage fortzusetzen. Doch war nach dieser Zeit das Resultat völlig negativ, während die gleichen Bienen bei der gleichen Versuchsanordnung kurz vorher die blaue „Strahlenform" von der blauen „Enzianform" schon nach wenigen Stunden mit großer Sicherheit unterschieden hatten (vgl. S. 66, 67).

Zu einer dritten Versuchsreihe dienten quadratische Kartons von 12 cm Seitenlänge, welche auf dreierlei Art blaugelb gemustert waren (vgl. Fig. L). Die einen waren auf blauem Grunde (Blau No. 12) mit gelben (Gelb No. 4) Streifen beklebt; die Breite der

Dressur auf das Quadratmuster. Beginn 31. August 1913.

	Quadratmuster		Dreieckmuster		Streifenmuster	
Schablone No.	a	b	c	d	e	f
Bienenfrequenz beim Versuch						
am 1. Sept. 4^{15-20}	85	34	335	60	14	17
„ 2. „ 9^{10-15}	33	174	111	167	6	18
„ 5. „ 1^{25-30}	80	96	157	23	31	2
„ 7. „ 10^{40-45}	39	2	1	70	0	1
„ 7. „ 11^{05-10}	272	36	43	27	7	16
„ 7. „ 11^{15-20}	58	9	35	23	4	0
„ 7. „ 11^{25-30}	35	24	8	54	1	3

Dressur auf das Streifenmuster. Beginn 7. September 1913.

	Quadratmuster		Dreieckmuster		Streifenmuster	
Schablone No.	a	b	c	d	e	f
Bienenfrequenz beim Versuch						
am 8. Sept. 9^{35-40}	70	267	27	128	5	2
„ 10. „ 3^{45-55}	5	20	15	11	15	9
„ 11. „ 3^{40-45}	47	133	8	12	32	15
„ 12. „ 11^{50-55}	0	28	2	18	2	79
„ 12. „ 12^{00-05}	17	7	5	12	88	1
„ 12. „ 12^{10-15}	16	2	7	0	1	106
„ 13. „ $10^{55-11^{00}}$	41	12	4	20	123	51
„ 13. „ 11^{05-10}	19	17	0	174	2	0

Streifen betrug 1 cm. Die zweiten waren blaugelb quadriert (Seitenlänge der Quadrate = 1 cm), die dritten auf blauem Grunde mit gelben Dreiecken beklebt (Basis = 1 cm, Höhe = 2 cm). Sechs solche Kartons (von jedem Muster zwei) wurden auf dem Dressurtische aufgelegt und mit Uhrschälchen beschickt; auf den Quadrat-Mustern wurden die Bienen gefüttert. Bei den Zählversuchen wurden natürlich 6 reine Schablonen in veränderter Anordnung aufgelegt und mit leeren Uhrschälchen beschickt. Das Resultat läßt sich dahin zusammenfassen, daß während einer siebentägigen Dressur keine Unterscheidung des Quadratmusters von dem Dreieckmuster erreicht wurde; dagegen wurde das Streifenmuster weniger stark frequentiert als die beiden anderen (wie auch für unser Auge diese untereinander mehr Ähnlichkeit besitzen als mit dem Streifenmuster). Doch war auch die Unterscheidung des Streifenmusters keine sichere. Zur Kontrolle wurde im Anschluß daran eine Dressur auf das Streifenmuster begonnen und sechs Tage lang fortgesetzt. Es war insofern ein Erfolg zu verzeichnen, als nun bei den Zählver-

suchen das Streifenmuster viel stärker als in der ersten Versuchsreihe und meist stärker als die anderen Schablonen frequentiert wurde. Wie wenig vollkommen jedoch die Dressur gelungen war, lehrte die Unsicherheit der Bienen beim Anflug und zeigt auch die obenstehende Tabelle.

Man könnte hier wiederum die Ursache für die schlechten Resultate in der Kleinheit der verwendeten Formen sehen wollen; man könnte sagen: die Bilder, die das Bienenauge liefert, sind vielleicht zu verschwommen, als daß man eine scharfe Unterscheidung solcher Muster erwarten könnte. Demgegenüber brauche ich nur auf die im vorigen Kapitel beschriebenen Dressurversuche hinzuweisen, vor allem auf den Versuch mit den konzentrischen blauen und gelben Ringen, die genau so breit waren wie die Streifen des Streifenmusters.

Aber wie kommt es denn, so wird man fragen, daß das eine Mal die Dressur auf Farbenmuster und Formen gelingt, das andere Mal nicht? Mir scheint das Gemeinsame der mißlungenen Versuche darin zu liegen, daß hier von der Biene die Unterscheidung von Mustern und Formen verlangt wurde, die ihr von Natur aus völlig fremd waren. Bei der Dressur auf die Sternform, auf die Enzianform handelte es sich um Formen, mit denen die Biene vertraut ist; die in 8 Felder geteilte Scheibe ist mit strahlenförmigen Zeichnungen, wie sie an Blüten vorkommen, wohl vergleichbar; die blaugelben konzentrischen Ringe erinnern an die Farbenanordnung bei vielen Compositen; warum mit dem „Links-Rechts-Versuch" den Bienen keine unnatürliche Aufgabe gestellt ist, wurde bereits erörtert (S. 73). Aber Quadrate, Dreiecke und Ellipsen übersteigen die Fassungskraft des kleinen Bienenhirns, weil sie ihm neu sind, und nur wo die Unterschiede sehr in die Augen fallen, wie bei den langgestreckten Rechtecken des Streifenmusters gegenüber den kleinen Quadraten und Dreiecken, läßt sich mit Mühe ein unsicherer Erfolg erreichen. Wir finden hier eine neue Bestätigung für eine alte Erfahrung: daß die Insecten, und mögen sie zu den kompliziertesten Instinkten befähigt sein, mit ihren Handlungen den engen Kreis des Gewohnten und durch Generationen Vererbten nicht leicht verlassen.

Erst nach Abschluß der Versuche wurde ich mit einer Arbeit Turner's bekannt (106), deren Ergebnis mit meinen zuletzt beschriebenen Befunden vielleicht auf den ersten Blick in Widerspruch zu stehen scheint. Turner

versuchte gleichfalls Bienen auf Farbenmuster zu dressieren. Meine Kästchenmethode ist der seinigen sehr ähnlich. Er verwendete Kartonkästchen, die mit einem Loch versehen waren. Im Inneren des Dressurkästchens wurde den Bienen Honig geboten. Die Kästchen waren außen verschieden gefärbt und gemustert, und zwar einfarbig grün, einfarbig rot, rotgrün längsgestreift, rotgrün quergestreift, grün mit roten Sprenkeln und schwarzweiß längsgestreift. Er dressierte auf ein rotgrün längsgestreiftes Kästchen und gibt an, daß die Dressur vollkommen gelang, d. h. daß die Bienen dieses Kästchen von allen anderen mit Sicherheit unterschieden. Einen Widerspruch zu den hier geschilderten Versuchen könnte man nur darin sehen, daß die Bienen das rotgrün längsgestreifte vom rotgrün quergestreiften Kästchen unterschieden; bei allen anderen bestand nicht nur ein Unterschied des Musters, sondern auch ein Unterschied der Farbe — zwischen den rotgrün gestreiften und dem rotgrün gesprenkelten Kästchen wenigstens ein Unterschied im Mengenverhältnis der beiden Farben, wie seine Abbildung lehrt. Für die Frage nach der Unterscheidung des rotgrün längsgestreiften vom quergestreiften Kästchen kommen nur zwei von seinen Versuchen in Betracht, da bei den übrigen das Dressurkästchen Honig enthielt, während die anderen leer waren. Auch wenn man durch diese zwei Versuche, auf die ich im Detail nicht eingehen möchte, die Frage für entschieden hält, dürfte trotz der „Unnatürlichkeit" des Musters ein Widerspruch mit meinen Resultaten nicht bestehen. Denn die Abbildungen TURNER's zeigen, daß bei dem quergestreiften Kästchen das Flugloch rechts und links rot, oben und unten grün begrenzt war, während es bei dem längsgestreiften Kästchen rechts und links grün, oben und unten vorwiegend rot begrenzt war; die Unterscheidung könnte also in ähnlicher Weise erfolgt sein wie bei meinem „Links-Rechts-Versuch" (S. 72, 73).

6. Biologische Notizen.

Zum besseren Verständnis des Folgenden verweise ich auf den Situationsplan Fig. M auf S. 81. B_1 und B_2 sind die beiden Bienenstände, welche für meine Versuche in Betracht kamen. Andere Stände waren in der näheren Nachbarschaft nicht vorhanden. Bei B_1 standen im Sommer 1912 sechs, 1913 fünf Völker; bei B_2 standen drei Völker.

Die Dressurversuche spielten sich im Sommer 1912 ausschließlich an der mit *a* bezeichneten Stelle ab. Ich erwartete, daß vor allem die Bienen aus dem nächstgelegenen Stande B_1, die nur einen freien, ebenen Wiesenstreif zu überfliegen brauchten, an der Futterstelle erscheinen würden. Indessen fiel mir bald auf, daß alle von *a* abfliegenden Bienen die Richtung nach dem entfernteren, durch einen Baum und einen Hügel verdeckten Bienenstand B_2 einschlugen. Um Klarheit zu gewinnen, markierte ich 2 Tage, nachdem ich die Dressur begonnen hatte, an der Futterstelle eine große Zahl von

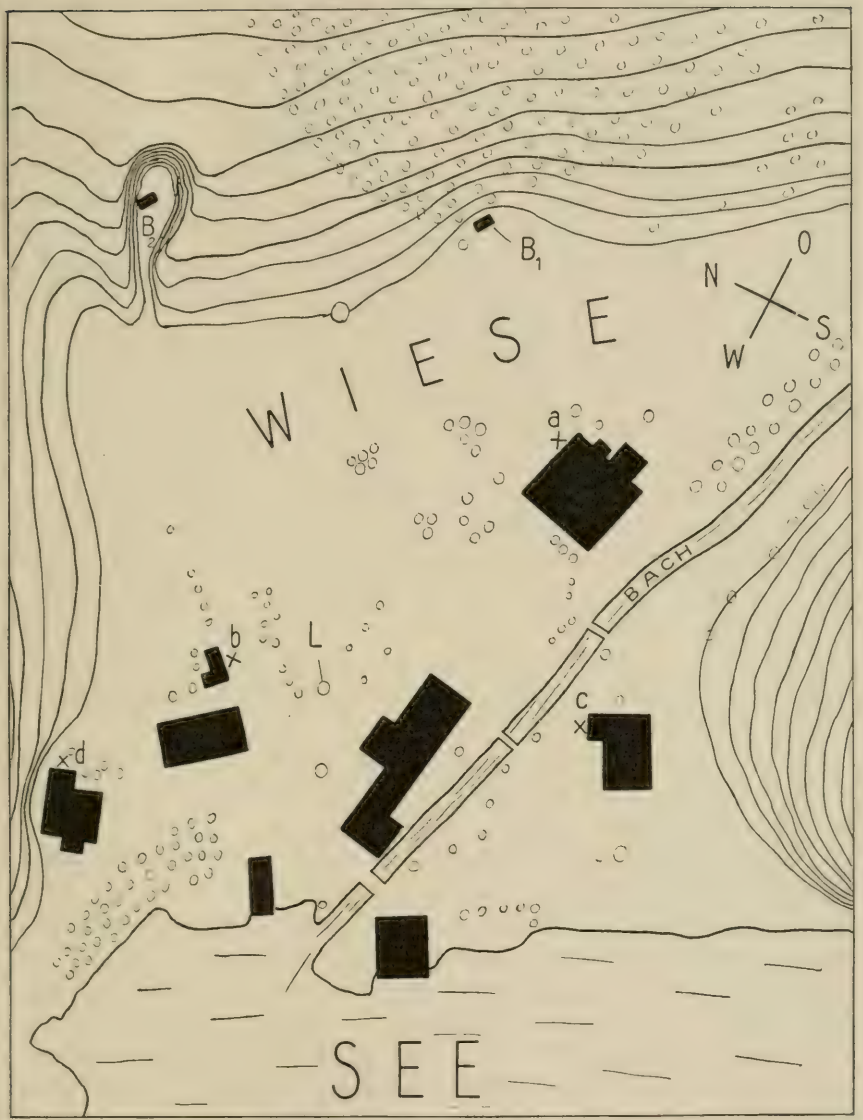


Fig. M. Brunnwinkl. 2880 : 1.

Häuser. × Dressurplätze. ○ Bäume. B_1. B_2 Bienenhäuser. L Linde.

Bienen durch Betupfen des Thorax mit Ölfarbe und beobachtete dann alle Bienenstöcke an beiden Ständen. Da zeigte sich, daß die am Dressurplatze verkehrenden Bienen ausschließ-

lich aus **einem** Stocke des Bienenstandes B_2 stammten. Und dies blieb so während des ganzen Sommers.

Wenn eine Biene eine neue Nahrungsquelle entdeckt hat, folgen ihr bekanntlich meist andere Bienen ihres Volkes nach, in wechselnder Zahl, je nach der Ergiebigkeit der Nahrungsquelle. Demnach wäre es wohl verständlich, daß zunächst nur Bienen von einem Volke an den Futterplatz kamen — von dem Volke, dem die erste Entdeckerin des neu gebotenen Honigs angehörte. Aber ist es denkbar, daß von so vielen nahen Bienenvölkern durch Wochen hindurch kein zweites den Platz gefunden hätte, wo täglich von früh bis abends Nahrung in reichlicher Menge geboten wurde? Wo doch manche Köchin, die Früchte einkocht, mancher Imker, der Waben ausschleudert, manche Hausfrau, die im Freien Honig auf den Frühstückstisch setzt, über die Findigkeit der Bienen zu klagen weiß!

Ich habe des öfteren versucht, ein anderes Volk an den Futterplatz zu locken, teils indem ich mit Honig bestrichene Bogen vor den Bienenstand hielt und Bienen, die sich darauf niederließen, samt dem Honigbogen an den Futterplatz trug, teils indem ich Bienen vor dem Stock abfing und an die Futterschale brachte. Solche Tiere fanden wohl in den Stock heim, kehrten aber niemals an den Futterplatz zurück. Die Biene muß einen Ort selbst entdecken, wenn sie wiederkehren soll; ich kann hierin die Beobachtungen anderer Autoren nur bestätigen.

Aber daß eben die Futterstelle nicht auch von anderer Seite entdeckt wurde, blieb mir rätselhaft. Und erst die Beobachtungen im folgenden Sommer brachten Aufschluß.

Ich habe schon früher erwähnt, daß ich im Sommer 1913 an 3 Versuchsstellen (a, b und c, S. 81) zugleich arbeitete, später auch an einer vierten (d). Diesmal stammten die beteiligten Bienen aus zwei Völkern, und zwar diesmal vom Bienenstande B_1. Weder in einen anderen Stock dieses Bienenstandes, noch in einen Stock des Standes B_2 habe ich während des ganzen Sommers, trotz häufiger Kontrolle, eine markierte Biene einfliegen sehen. Die Bienen aus jenen beiden Völkern aber verkehrten an allen Futterstellen. Betrachten wir zunächst nur das erste Auffinden der neuen Futterstellen — die nicht zu gleicher Zeit, sondern sukzessive aufgerichtet wurden — so ist es leicht verständlich, daß die Völker, welche die erste Futterstelle gefunden hatten, auch an den folgenden die ersten Entdecker waren; ich habe schon erwähnt (S. 12), daß nicht ununterbrochen gefüttert wurde; war die Futterschale geleert, so schwärmten

die Bienen suchend umher, erst in der nächsten Umgebung, dann in größerer Entfernung, und es war zu erwarten und ließ sich direkt beobachten, daß sie dann auch entferntere Plätze inspizierten, die mit ihrer Futterstelle eine gewisse Ähnlichkeit besaßen, so vor allem die anderen Häuser des Tales[1]) — und so blieb ihnen eine neue Futterstelle an einem solchen Orte nicht lange verborgen. Die Befürchtung lag nahe, daß die gleichen Bienenindividuen in buntem Durcheinander an die verschiedenen Futterstellen kommen würden, was das Vornehmen verschiedener Dressuren an den verschiedenen Plätzen natürlich unmöglich gemacht haben würde. Dies traf aber nicht zu. Es mußte nur an den 4 Futterplätzen stets annähernd gleichzeitig gefüttert werden, so daß die Bienen, wenn sie an einer Stelle die Schale geleert hatten und nun nach einigem Suchen an eine andere Futterstelle gerieten, auch dort nichts vorfanden. So trat alsbald eine säuberliche Scheidung der beteiligten Bienen in 3, resp. 4 Scharen ein, von denen jede nur an einem der Dressurplätze verkehrte. Während des ganzen Sommers waren nur sehr selten einzelne Tiere an „falschen" Plätzen zu sehen (sie waren in verschiedenen Farben markiert), und solche pflegte ich zu töten.

Wenn ich oben sagte, daß in diesem Sommer die Bienen von zwei verschiedenen Völkern an die Futterstellen flogen, so muß ich nun hinzufügen, daß dies nicht dauernd, sondern nur einige Wochen hindurch so war. In den allerersten Tagen kamen die Bienen, so wie im Vorjahre, nur aus einem einzigen Stocke; er sei mit I. bezeichnet. Dies wurde am 2. Tage, nachdem wir mit der Dressur begonnen hatten, festgestellt. Schon am 3. und 4. Tage fiel uns eine merkwürdige Erscheinung auf, die im vergangenen Sommer nicht zu beobachten war. Auf dem Versuchstische und auf dem Boden in der nächsten Umgebung lagen tote und halbgelähmte, nur mehr schwach sich regende Bienen. Die Todesursache blieb nicht lange verborgen. Man sah häufig, wie am Futternapf selbst oder in seiner Umgebung plötzlich eine oder zwei Bienen über eine andere herfielen und sie in heftigem Kampfe über den Tisch zerrten. Sie packten sich meist mit den Kiefern an den Flügeln und suchten sich gegenseitig Stiche beizubringen. Dies gelang ihnen wohl meistens nicht, denn in der Regel endete der Kampf damit, daß die Gegner über die Tischkante kollerten und dann nach verschiedenen Richtungen davonflogen. Daß aber der

1) Ähnliches beobachtete auch v. Buttel-Reepen (12, p. 192, 193).

Streit nicht immer so harmlos endete, bewiesen die zahlreichen Toten. Und als wir nun nach 5tägiger Fütterung abermals in größerem Umfange Bienen markierten und ihre Herkunft feststellten, da zeigte sich, daß nun auch ein zweites Volk (es sei mit II bezeichnet) in beträchtlicher Zahl an den Futterstellen vertreten war. Es lag nahe, die Streitereien als Kampf zwischen diesen beiden Völkern aufzufassen, und die weiteren Beobachtungen begünstigen diese Annahme. Die Kämpfe an den Futterstellen dauerten an, und gleichzeitig war zu bemerken, daß im Laufe der nächsten 3 Wochen an allen Dressurplätzen die Bienen des zweiten Volkes immer mehr überhand nahmen und die Bienen des anderen Volkes, die in den ersten Tagen die Alleinherrscher gewesen waren, immer mehr an Zahl zurückgingen. In der letzten Augustwoche fiel uns auf, daß an allen Futterstellen Friede und Eintracht herrschte. Keine Streitereien mehr, keine toten Bienen. Und nun sahen wir bei der Beobachtung der Bienenstände keine einzige der frisch markierten Bienen mehr im Stock I einfliegen. Wiederum gehörten alle beteiligten Bienen einem einzigen Stocke an, und zwar dem Stock II, und dies blieb so auch während der folgenden Septemberwochen. Das zweite Volk hatte das erste an allen Futterstellen vollständig verdrängt. Es ist vielleicht von Interesse, daß dieser zweite Stock im Volke wesentlich stärker war als der erste.

Nun ist es verständlich, warum nicht eine größere Zahl verschiedener Völker zu den Dressurplätzen kam. Wohl werden gelegentlich auch Bienen von anderen Stöcken die Futterstellen entdeckt haben, aber die Bienen, die von diesen schon Besitz ergriffen hatten, werden sie als Fremdlinge erkannt und vertrieben haben.[1])

An den natürlichen Nahrungsquellen, etwa an einem reichlich blühenden Baume, dürften solche Unverträglichkeiten kaum vorkommen. Hier liegen ja auch die Verhältnisse ganz anders, vor allem drängen sich nie solche Mengen von Bienen an einer Stelle zusammen wie bei unseren Futterschälchen. Ich habe mich auch davon überzeugt, daß an einer Linde (L auf dem Plan S. 81), die in voller Blüte stand und die angenähert ebensoweit wie die Dressurplätze von den Bienenständen entfernt war, Bienen aus den ver-

1) Es sei erwähnt, daß die Bienenvölker, um die es sich hier handelt, alle derselben (deutschen) Rasse angehören. Sämtliche Stöcke auf beiden Bienenständen sind (binnen 12 Jahren) aus einem gemeinsamen Mutterstocke hervorgegangen.

schiedensten Stöcken friedlich nebeneinander sammelten. Nachdem ich an der Linde ein paar Dutzend Bienen markiert hatte, konnten wir an 6 von den 8 Stöcken beider Stände die gezeichneten Tiere einfliegen sehen. Ob die übrigen 2 Stöcke (einer vom Stande B_1, einer von B_2) nur in geringerem Grade oder gar nicht beim Besuche dieser Linde beteiligt waren, kann ich nicht entscheiden.

Es ist eine altbekannte Sache, daß eine Biene, die eine neue ergiebige Nahrungsquelle entdeckt hat, alsbald eine größere Zahl von Gefährten herbeizubringen pflegt. Auch ich konnte dies jedesmal beobachten, wenn eine neue Futterstelle errichtet werden sollte und zu diesem Zwecke große, mit Honig bestrichene Papierbogen aufgelegt wurden. Es währte in der Regel einige Stunden, bis diese von einer Biene entdeckt wurden. Dann aber wuchs die Zahl der kommenden Bienen rasch an, und nach einer oder wenigen Stunden waren sie zu Hunderten an den Honigbogen geschäftig. Ich habe bei solchen Gelegenheiten zu Anfang, wo erst wenige Bienen zu den Honigbogen kamen und wo man daher noch die einzelnen Individuen im Auge behalten konnte, mehrmals beobachtet, daß eine Biene, die bereits an den Honigbogen gewesen und durch Markierung kenntlich gemacht war, bei der Wiederkehr vom Stocke gleichzeitig mit 1—3 neuen Bienen ankam. Es ist naheliegend, hier ein Mitteilungsvermögen anzunehmen. Doch muß auch die Möglichkeit zugegeben werden, daß beschäftigungslose Bienen des Stockes lediglich durch das Gebahren des mit reicher Beute heimkehrenden Tieres auf die neue Nahrungsquelle aufmerksam werden und der ausfliegenden Biene nachfolgen, ohne daß diese aktiv etwas dazu beiträgt.

Ähnliche Beobachtungen wie beim erstmaligen Auflegen eines Honigbogens waren an den Futterstellen stündlich zu machen, sobald die Dressur in Gang war. Es wurde schon mehrmals erwähnt, daß nicht andauernd, sondern mit etwa $^1/_2$ stündigen Pausen gefüttert wurde. War nun der Futternapf leer, so verflogen sich die Tiere allmählich: bald waren nur mehr wenige Bienen zur Stelle, und ab und zu kam eine neue angeflogen, die sich einige Zeit suchend bei der Futterschale umhertrieb. Wurde nun die Schale wieder gefüllt, so sogen sich die anwesenden Bienen voll, kehrten heim, und dann kamen nach wenigen Minuten die zu jener Futterstelle gehörigen (an ihrer Markierung kenntlichen) Bienen in großen Scharen angeflogen. Auch hier liegen zwei Möglichkeiten vor: entweder haben die heimgekehrten Bienen ihre Genossen auf irgendeine Weise direkt

davon verständigt, daß es wieder Futter gebe, oder die im Stocke befindlichen Bienen haben dies selbständig den mit gefüllter Honigblase heimkehrenden Tieren angemerkt. Beides aber setzt voraus — und dies scheint mir gerade das Bemerkenswerte daran —, daß unter den nach vielen Tausenden zählenden Bewohnern eines Stockes die wenigen Tiere, die an einer bestimmten Futterstelle verkehren, ständig miteinander in Fühlung sind und sich gewissermaßen persönlich kennen.

7. Die praktische Bedeutung eines farbigen Anstriches der Bienenstöcke; Versuche über die Orientierung der Bienen bei der Heimkehr in den Stock.

a) Historisches.

Es ist bei Imkern ein alter und weit verbreiteter Brauch, die Vorderfront der Bienenstöcke oder auch nur die Flugbrettchen in verschiedenen Farben zu streichen, um den heimkehrenden Bienen das Auffinden ihres Stockes zu erleichtern. Über den Wert dieses Verfahrens sind die Meinungen geteilt — nicht nur bei Imkern, die ihre Ansicht meist nur durch gelegentliche und nicht immer kritische Beobachtungen stützen, sondern auch bei Solchen, die ihre Meinung experimentell zu begründen suchten.

Bethe (6) maskierte einen (isoliert stehenden) gelben Bienenstock durch grüne Zweige und blaues Papier und veränderte auch seine Umgebung, indem er hinter ihm bunte Tücher anbrachte und den Rasen vor und neben dem Stocke mit Papier belegte. Die Bienen fanden trotzdem ihr Flugloch, teils nach einigem Zaudern, teils ohne merkliche Störung, je nach der Farbe der aufgebreiteten Papiere. Vor einem anderen Bienenstocke erhob sich eine hohe Platane. Er ließ den Baum bei starkem Bienenfluge fällen; dies rief keine Störung hervor, und während die Bienen früher zwischen Platane und Stock steil herabgeflogen waren, flogen sie jetzt geradlinig schräg durch den Raum, wo die Platane gestanden hatte. Bethe schließt aus diesen Versuchen, daß das Finden des Heimweges nicht auf optischen Erinnerungsbildern beruhen könne. Aber auch durch den Geruchsinn werden sie nicht zum Stocke geleitet. Denn als er z. B. den freistehenden Bienenstock um 2 Meter nach rückwärts verschob, fanden ihn die Bienen nicht auf, sondern schwärmten da, wo der Stock gestanden hatte, in der Luft umher und bildeten

so eine Wolke, die am dichtesten genau an der Stelle war, wo sich vorher das Flugloch befunden hatte. Diese und andere Beobachtungen führen ihn zu dem Satze: Es bleibe uns „nichts anderes übrig, als anzunehmen, daß die Bienen durch eine uns ganz unbekannte Kraft zum Stock zurückgeführt werden“ (6, p. 89).

Die These von der „unbekannten Kraft“ hat zu lebhaftem Widerspruch Anlaß gegeben. Vor allem waren es v. Buttel-Reepen (12) und Forel (21, S. 261—279), die die Bethe'schen Experimente im einzelnen kritisierten und ihnen jede Beweiskraft absprachen. Für ihre eigene Ansicht, daß sich die Bienen auf ihren Flügen vorwiegend durch den Gesichtssinn orientieren, brachten sie mancherlei Belege, sogar aus Bethe's eigenen Beobachtungen. Eine Erwiderung Bethe's (7) wirkt wenig überzeugend (vgl. auch v. Buttel-Reepen (13)).

Von den Argumenten, die für die optische Orientierung der Bienen beigebracht wurden, seien hier nur zwei hervorgehoben.

Das Benehmen von Bienen, die das erstemal ihren Stock verlassen, erklärt sich am einfachsten durch die Annahme, daß sie sich das Aussehen ihres Stockes und seiner Umgebung einzuprägen suchen. Solche Bienen „spielen vor“; v. Buttel-Reepen schildert dies mit folgenden Worten (12, p. 215 u. 216):

„Wie sehr die Bienen der Augen beim Fortfluge von der Wohnung bedürfen, geht in sehr klarer Weise aus dem auffälligen Verhalten bei dem ersten Ausfluge hervor. Sowie die Biene abfliegt, wendet sie sich mit dem Kopf dem Stocke zu und in fortwährendem Auf- und Niederschweben (dem Mückentanz ähnlich) wird der Stock selbst, die Nachbarstöcke und das Bienenschauer genau gemustert und zwar, ich wiederhole es, stets mit den Augen der Wohnung zu gerichtet, wodurch also auch ein leichtes Rückwärtsfliegen bewirkt wird. Das ist das sog. „Vorspiel“, dessen von Bethe gar nicht gedacht wird und dessen für die Orientierung durch den Gesichtssinn überaus charakteristische und beweisende Ausführung von ihm nicht beachtet worden ist. Erst nach diesem engeren Vorspiel werden kleine und immer größere Orientierungskreise gezogen und dabei die nähere und fernere Umgebung eingeprägt.

„Eine alte Biene fliegt bei reicher Tracht grade und pfeilschnell aus dem Flugloche fort, sie „schießt“ aus dem Flugloche, sie hat sich völlig eingeflogen und kennt ihre Flugbahn, eine junge erstmalig Fliegende macht es stets wie eben geschildert . . .“

In guter Übereinstimmung mit dieser Auffassung steht die Beobachtung, daß Bienen nur dann, wenn sie vorher einen Orientierungs-

flug unternommen hatten und nur aus Gegenden, die ihnen von ihren Ausflügen her bekannt sind, in ihren Stock zurückfinden:

„1. Entnimmt man einem Stocke junge, flugfähige Bienen (Brutammen), die noch nicht ihren Orientierungsausflug gehalten haben, und läßt sie unweit des Standes fliegen, so findet keine in ihren Stock zurück.

2. Wirft man alte Flugbienen selbst in sehr weiter Entfernung auf, so finden sie alle zurück.

3. Bringt man aus einer fernen Ortschaft, die mehr als 7 km abgelegen ist, ein Volk herbei und läßt alte Flugbienen, bevor sie einen Orientierungsausflug machen konnten, auch nur 30—40 m von ihrer Wohnung fliegen, so findet keine in den Stock zurück.

4. Zwei Völker, die ich im Garten des Zoologischen Institutes in Jena zwecks anderweitiger Beobachtungen aufgestellt hatte, wurden am Schluß des Sommersemesters 1899 an einen ungefähr 2000 m entfernten Bienenstand eines Jenenser Imkers geschafft. Da die Völker nicht betäubt wurden, war es vorauszusehen, daß sehr viele der alten Flugbienen auf den Institutsstand zurückkehren würden, und zum Unterschlupf dieser Heimatlosen stellte ich eine Wohnung mit einigen leeren Waben genau dort auf, wo früher das Heim gestanden hatte. Es kamen viele Hunderte, die sich trotz voller Flugfreiheit zwei Tage lang verstört in der leeren Behausung herumtrieben und hernach mit Chloroform betäubt und in Formol zu Demonstrationszwecken aufbewahrt wurden. Ihr Ortsgedächtnis führte sie zurück.

Naturgemäß und zwanglos erklärt sich das verschiedene Verhalten der Bienen bei diesen vier Experimenten, wenn wir eine Orientierung durch die Augen, durch Erinnerungsbilder annehmen, während die unbekannte Kraft nur in Wiedersprüche verstrickt und uns vor unlösbare Rätsel stellt“ [v. Buttel-Reepen (12, p. 188 u. 189); vgl. auch Romanes (99)].

Wenn es auch durch solche Beobachtungen, denen sich viele ähnliche anreihen ließen, sehr wahrscheinlich wird, daß sich die Biene auf ihrem Heimwege vom Gesichtssinn leiten läßt, so ist doch meines Wissens noch nie in zweckentsprechender Weise untersucht worden, ob und in welchem Maße das Äußere ihres Stockes, insbesondere seine Farbe, von ihr zur Orientierung verwertet wird.

Zwar liegen einige Angaben hierüber vor, doch läßt sich nicht viel aus ihnen schließen:

Kathariner (39) hatte auf einem freien Platze 2 Bienenstöcke aufgestellt. Der eine, grün gestrichene, stand links und war leer; der andere, gelb gestrichene, stand rechts und war besetzt. Nun wurde ein Ableger des gelben Stockes in den grünen Kasten gesetzt und nach Imkerregel der grüne Stock an Stelle des gelben gestellt — aber statt den gelben an den früheren Platz des grünen zu setzen,

verschob er ihn nach rechts, so daß wieder rechts der gelbe, links der grüne Stock stand. Er erreichte den gewünschten Erfolg nicht, die meisten heimkehrenden Bienen flogen in den (gelben) Mutterstock, und der Ableger war am folgenden Tage sehr volkarm. Doch kann man hieraus nicht schließen, daß es die gewohnte gelbe Farbe war, welche die Bienen in den alten Stock zurückleitete. Es kann — neben anderen Merkmalen des Stockes, der ja als ganzer verschoben wurde — vor allem seine relative Lage zum andern Stocke das Ausschlaggebende gewesen sein: die Bienen waren gewohnt in den rechtsstehenden der beiden Bienenstöcke einzufliegen und behielten diese Gewohnheit auch bei, nachdem beide Stöcke ein Stück weit nach rechts verschoben worden waren. Er fing später an jedem der beiden Stöcke eine Anzahl ausfliegender Bienen ab, markierte sie und versah dann die beiden Stöcke mit Pappdeckelschablonen, und zwar den grünen Stock mit einer gelben, den gelben mit einer grünen Schablone. Die Bienen stauten sich sofort vor den Stöcken an, krochen aber dann doch hinein; die markierten Tiere gingen fast alle in die richtigen Stöcke. Auch aus diesem Versuche läßt sich nichts über den Einfluß der Farbe entnehmen. Die Stauung braucht nicht durch den Wechsel der Farbe, sie kann auch nur durch die Anwesenheit der ungewohnten Pappdeckelschablone hervorgerufen sein; und daß die markierten Bienen in den richtigen Stock trotz der veränderten Farbe einkehrten, kann wieder — wie Katharıner selbst andeutet — daher kommen, daß das auffallendste Merkzeichen für sie die relative Lage ihres Stockes war.

Theen schreibt (104, p. 101): „Steckt man einem Volk während des Fluges ein andersfarbiges Flugbrett vor, so wird man sehen, wie die heimkehrenden Bienen sofort stutzen und nicht anfliegen mögen, wenn auch die Form und Größe dem des ersten gleich ist. Steckt man dann das altgewohnte Flugbrett wieder vor, so fliegen die Bienen sogleich wieder an . . .“ An dem „altgewohnten“ Flugbrett haftet gewiß ein intensiver Bienengeruch, und es wäre denkbar, daß das Fehlen dieses vertrauten Geruches die Bienen beim Anfluge stutzen machte. Ein Kontrollversuch mit gleichfarbigen neuen Flugbrettchen wurde nicht angestellt.

Mit mehr Berechtigung ließen sich manche Beobachtungen von Bienenzüchtern — wenn sie richtig sind — als Argumente für die Beachtung der Stockfarbe von seiten der Bienen anführen. So schreibt Stähelin (zitiert nach v. Buttel-Reepen 12, p. 291 u. 292): „Ein schwacher Nachschwarm mit größtenteils jungen Bienen aus

einem vorn blau angestrichenen Kasten zerstreute sich bei starkem Vorspiel der anderen Völker und setzte sich überall in kleinen Klümpchen an. Bald suchten sie ihre alte Heimat wieder auf, aber nur einzelne fanden sie, die übrigen flogen zu anderen Stöcken und welchen? Überall wo ein blaues Türchen sie einlud, begehrten sie Einlaß, sonst nirgends; leider wurden sie aber so unfreundlich empfangen, daß vor allen blau markierten Kasten der Boden mit Leichen bedeckt war."

Lossing (50) hatte seine Stöcke abwechselnd rot, weiß und blau gestrichen. Wenn er einen weißen Stock entfernte, flog ein großer Teil der Bienen am roten oder blauen Stocke vorbei in den nächsten weißen. Ähnliche Beobachtungen machte Kinyon (43).

Auch v. Hess hat sich in jüngster Zeit mit dieser Frage beschäftigt (36, p. 99—101); er meint, alle seine Versuche „zeigen schlagend die Unhaltbarkeit der verbreiteten Meinung von einem Einfluß der Farbe der Umgebung eines Flugloches auf die Flugrichtung der Bienen". Doch zeigen sie in Wahrheit nur, daß bei seiner Versuchsanordnung den Bienen zum richtigen Auffinden ihres Flugloches andere, auffälligere Merkmale zu Gebote standen als die Farbe seiner (recht kleinen) Schablonen. Ob er die Versuche an einem größeren Bienenstande oder an einem einzeln stehenden Stocke ausgeführt hat, ist, wie manches andere, was von Wichtigkeit wäre, aus seinen Angaben nicht zu ersehen.

b) Eigene Versuche.

An kleinen Bienenständen bildet schon die relative Lage der Stöcke ein auffälliges Merkzeichen für die Bienen, welches ihnen ermöglicht, ihren Stock leicht und sicher aufzufinden. Nur an größeren Bienenständen, die mit zahlreichen Stöcken von gleichartigem Bau besetzt sind, wird ein farbiger Anstrich — wenn überhaupt — von Bedeutung sein. An solchen Bienenständen sind daher auch die Versuche anzustellen, wenn man über die Bedeutung eines farbigen Anstriches Aufschluß erhalten will. Ich bin Herrn Dr. W. Hein, Vorstand des Kreisvereins für Bienenzucht und Obstbau in Oberbayern, zu großem Danke verpflichtet, daß er mir zu diesem Zwecke den Vereinsbienenstand in Pöcking am Starnberger-See bereitwillig zur Verfügung stellte.

Auf dem Bienenstande (Taf. 4 Fig. 16) befanden sich in zwei Reihen übereinander 30 Stöcke („Gerstung-Beuten"), die sämtlich weiß gestrichen waren und deren Äußeres aus der Photographie

zu ersehen ist. An ihren Vorderseiten waren kleine, verschiedenfarbige Blechplättchen angebracht; die Anflugbrettchen befanden sich alternierend in verschiedener Höhe. Nur ein Teil der Stöcke war bevölkert.

Ich stellte nun in der unteren Reihe nebeneinander fünf leere Stöcke auf (an den in Fig. 16 mit 1—5 bezeichneten Plätzen), deren Anflugbrettchen in gleicher Höhe waren und von denen die farbigen Blechplättchen entfernt wurden. Stock No. 4 wurde mit zwei Schablonen aus starkem Zinkblech versehen, von denen die eine auf das Flugbrettchen gelegt, die andere (mit einem dem Flugbrettchen entsprechenden Ausschnitte) an der Vorderwand des Stockes leicht abnehmbar befestigt wurde (vgl. Taf. 4 Fig. 17). Beide Schablonen waren an der sichtbaren Seite blau, an der Unter- resp. Rückseite gelb gestrichen. Am Stock No. 5 wurden zwei genau gleiche Schablonen derart befestigt, daß die gelben Flächen sichtbar waren. Mein Plan war, ein Bienenvolk in den blauen Stock zu setzen und zu versuchen, ob die Bienen, nachdem sie sich eingeflogen hätten, durch Vertauschen der Farben in einen falschen Stock gelockt werden könnten. Hierbei durfte das Vertauschen der Farben nicht so vorgenommen werden, daß man die Schablonen miteinander vertauschte. Denn hätte dies ein positives Resultat gehabt, so wäre man im Zweifel gewesen, ob die Bienen durch die gewohnte blaue Farbe oder durch den an den blauen Schablonen haftenden „Nestgeruch" zum falschen Stocke geleitet worden seien. Darum waren die blauen Schablonen auf der Rückseite gelb, die gelben auf der Rückseite blau gestrichen. Nun konnte man durch Umdrehen der Schablonen ihre Farben vertauschen, ohne ihre Plätze zu verändern.[1])

Am 29. Mai 1913 wurde ein starker Schwarm eingefangen und am Morgen des 30. Mai in den blau maskierten Stock No. 4 gesetzt. Die Bienen begannen alsbald kleine Orientierungsflüge zu unternehmen, und nach einer Stunde schwärmten sie in Menge vor ihrem

1) Im Prinzip die gleiche Versuchsanordnung hat schon vor mir Herr K. Hofmann, kgl. Landesinspektor für Bienenzucht, angegeben. Er veranlaßte einen Imker, an seinen Bienenstöcken drehbare Flugbrettchen anzubringen, die oben und unten in verschiedenen Farben gestrichen waren. Der Imker gab an, daß sich die Bienen durch das Umdrehen der Flugbrettchen nicht hätten stören lassen. Herr Hofmann selbst hat die Versuche nicht gesehen. Da ich über die Einzelheiten des Versuches nicht unterrichtet bin, kann ich über die Ursache des negativen Resultats keine Vermutungen äußern.

neuen Stocke umher. An diesem und an den folgenden Tagen herrschte strahlend schönes Wetter.

Nach zwei Tagen, am 1. Juni, flogen die Bienen im blauen Stocke sehr lebhaft und ohne Zögern aus und ein. Weder an dem linken, unmaskierten, noch an dem rechten, gelb maskierten Nachbarstocke war eine Biene zu sehen; die Flugspalten dieser Stöcke waren nicht verschlossen; in ihrem Inneren befanden sich einige leere Bienenwaben, die vor zwei Jahren ausgeschleudert worden waren. Wir zählten nun 5 Minuten lang die Bienen, die im blauen Stocke einflogen[1]); der Flug war sehr konstant. Dann wurden rasch am Stocke No. 4 und No. 5 die Schablonen umgedreht, so daß nun der früher blaue Stock No. 4 gelb, der früher gelbe Stock No. 5 blau maskiert war. Sofort war eine auffällige Veränderung im Benehmen der Bienen zu bemerken. Vor dem jetzt blauen Stocke, der vorher gänzlich verlassen war, schwärmten zahlreiche Bienen umher, und viele ließen sich sofort auf seinem Flugbrettchen nieder und krochen durch den Flugspalt in den leeren Stock. Aber auch den bewohnten, jetzt gelben Stock umschwärmten zahlreiche Tiere, und nicht wenige kehrten auch hier ein, sichtlich zögernd (die Zahlen folgen unten). Nach 5 Minuten wurden die Schablonen abermals umgedreht, so daß die frühere, normale Anordnung wiederhergestellt war; der Flugspalt vom Stock No. 5 wurde verschlossen, um nachher die Zahl der Bienen in seinem Inneren feststellen zu können. Mit einem Schlage wurde der jetzt wieder gelbe Stock No. 5 völlig ignoriert, und alles stürzte in geradem Fluge in das Flugloch des blauen Stockes.

Die Zahl der einfliegenden Bienen wurde von Minute zu Minute notiert.

Es ergab sich:

Bienenfrequenz 2^{22-27}:

Stock No. 4 (blau)	Stock No. 5 (gelb)
57	0
63	0
60	0
54	0
56	0
Summa 290	0

1) Herr Dr. W. HEIN hatte die Freundlichkeit, mich bei den Versuchen zu unterstützen.

Schablonen umgedreht.

Bienenfrequenz 2^{27-32}:

Stock No. 4 (gelb)	Stock No. 5 (blau)
12	50
18	46
16	40
25	38
22	60
Summa 93	234

Schablonen umgedreht; Flugloch von Stock No. 5 geschlossen.

Bienenfrequenz 2^{32-37}:

Stock No. 4 (blau)	Stock No. 5 (gelb)
ca. 127	0
67	0
65	0
67	0
60	0
Summa 386	0 [1])

Im Innern des Stockes No. 5 befanden sich nach Abschluß des Versuches 182 Bienen.[2]) Ich hatte mich natürlich davon überzeugt, daß zu Beginn des Versuches keine einzige Biene in diesem Stocke war.

Hierzu muß noch einiges bemerkt werden. Die Bienen, die in den leeren Stock einflogen, merkten offenbar bald, daß hier etwas nicht in Ordnung sei. Denn man sah sie häufig unruhig wieder aus dem Flugspalt hervorkommen, um oft nach einem kurzen Orientierungsfluge abermals einzukehren. Daher ist die Zahl der Bienen, welche in diesen Stock hineinflogen, höher als die Zahl der Bienen, die nachher in seinem Inneren waren. In der dritten Tabelle

1) Natürlich hätte hier, nachdem der Flugspalt verschlossen war, keine Biene ins Innere können; doch machte auch keine einen Versuch hierzu, keine umschwärmte den Stock oder ließ sich auf dem Flugbrettchen nieder.

2) Durch Öffnen eines im Deckel des Stockes angebrachten Loches konnten die Bienen einzeln entlassen und auf diese Weise zuverlässig gezählt werden.

fällt die hohe Zahl bei der ersten Minute auf; sie ist wohl so zu erklären, daß bei dem veränderten Aussehen der Stöcke eine Anzahl von Bienen mit dem Einfluge zögerten, die nun, nachdem die alte Situation wieder hergestellt war, sofort in ihren Stock eilten.

Nach einer Stunde wurde bei angenähert gleichstarkem Bienenfluge der Versuch in der gleichen Weise wiederholt, um das Verhalten der Bienen photographisch aufzunehmen.

Taf. 4, Fig. 17 zeigt den normalen Zustand. Der blau maskierte, bevölkerte Stock steht zwischen zwei leeren, von denen der linke unmaskiert, der rechte gelb maskiert ist. Unmittelbar nach dieser Aufnahme wurden die Schablonen der beiden maskierten Stöcke umgedreht. Die Fig. 18 zeigt den Effekt. Nach Ablauf von 5 Minuten wurden die Schablonen wieder in die normale Lage zurückversetzt und das Flugloch von Stock No. 5 verschlossen. Sofort trat wieder der normale Bienenflug ein. Im Innern des Stockes No. 5 befanden sich 193 Bienen.

Ich habe diesen Versuch an späteren Tagen noch mehrmals wiederholt. Das Resultat war im wesentlichen stets das Gleiche. Doch war der Prozentsatz der Bienen, die sich durch das Umdrehen der Schablonen in den falschen Stock locken ließen, beträchtlichen Schwankungen unterworfen. Einen Grund für diese Schwankungen vermag ich nicht anzugeben.

Aus den bisher mitgeteilten Tatsachen geht hervor, daß die Farbe des Stockes von den Bienen beachtet und als Merkzeichen verwertet wurde. Es geht aber aus ihnen auch hervor, daß die Farbe für die Bienen nicht das einzige Kennzeichen ihres Stockes war. Denn ein Teil von ihnen flog ja trotz der veränderten Farbe in den richtigen Stock. Man könnte hieraus schließen wollen, daß die Bedeutung der Farbe des Stockes nicht allzugroß sei, daß den Bienen zum Mindesten außer der Farbe noch gleichwertige andere Merkzeichen zur Verfügung ständen. Doch wissen wir zunächst nicht, ob die Bienen nicht auch das Aussehen der Nachbarstöcke zur Orientierung verwerten. Ist dies der Fall, dann mußte so, wie die Versuche angestellt wurden, notwendigerweise eine Verwirrung eintreten. Die Bienen waren gewohnt, in einen blauen Stock zu fliegen, neben welchem links ein weißer, rechts ein gelber stand. Durch das Umdrehen der Schablonen wurde diese relative Lage verändert; nun stand neben dem blauen Stocke links ein gelber, rechts ein weißer. Es schien nicht ausgeschlossen, daß hierdurch ein Teil der Bienen veranlaßt wurde, sich nach Merk-

zeichen zu orientieren, deren Bedeutung sonst gegenüber der Farbe in den Hintergrund tritt, und so zum Auffinden des richtigen Stockes geführt wurde.

Um dies zu prüfen, modifizierte ich den Versuch in folgender Weise. Nachdem ich (am 8. Juni, $^1/_2$ 4 Uhr Nachm.) durch 10 Minuten hindurch die Frequenz des blauen Stockes gezählt und dann die Situation photographiert hatte (Taf. 4, Fig. 19), drehte ich die Schablonen des blauen Stockes (No. 4) an ihrem Platze um, nahm ferner die Schablonen vom Stock No. 5 ab und befestigte sie umgedreht am Stocke No. 3 (Fig. 20). Nun war die relative Lage der Farben nicht verändert, es stand, wie bei der normalen Anordnung, links von dem blauen Stocke ein weißer, rechts von ihm ein gelb maskierter Stock. Der Erfolg war überraschend. Kaum war ich zurückgetreten, so zog die ganze Bienenansammlung, die sich während der Manipulation an den Stöcken angestaut hatte, zielbewußt und ohne Zögern in den unbewohnten, blau maskierten Stock ein, keine einzige flog in den richtigen, jetzt gelb maskierten Stock. Fig. 20 zeigt dieses Einziehen der angestauten Bienen. Fig. 21 zeigt die Situation ein paar Minuten später: die ausfliegenden Bienen kommen aus dem gelb maskierten, die heimkehrenden fliegen in den blau maskierten Stock. Nach $7^1/_2$ Minuten (durch das Photographieren war eine kleine Verzögerung entstanden) gab ich den Schablonen wieder die normale Anordnung und verschloß das Flugloch von Stock No. 3. Sofort flogen nun die Bienen wieder in den richtigen Stock ein. Es wurden nun nochmals 10 Minuten lang die einfliegenden Bienen an diesem Stocke gezählt. Als Mittel aus den Zählungen vor und nach dem Versuche [1]) ergibt sich eine Frequenz von 64,1 Bienen pro Minute. Demnach waren, wenn während der $7^1/_2$ Minuten alle heimkehrenden Bienen in den blau maskierten Stock No. 3 geflogen und daringeblieben waren, 481 Bienen in ihm zu erwarten. Tatsächlich enthielt er nach Abschluß des Versuches 491 Bienen. Sie hatten sich also bei dieser Versuchsanordnung quantitativ in den falschen Stock locken lassen.

Ich habe diesen Versuch an verschiedenen Tagen und zu ver-

1) Vor Beginn des Versuches waren in 10 Minuten je: 57, 59, 48, 62, 72, 69, 64, 49, 59 und 62 Bienen, nach dem Versuche in 10 Minuten je 62, 64, 69, 81, 68, 59, 68, 72, 73 und 65 Bienen in den Stock geflogen.

schiedenen Tageszeiten im ganzen 9mal angestellt.[1]) Das Resultat war insofern stets das Gleiche, als unmittelbar nach dem Vertauschen der Schablonen die Bienen stets ohne Zögern sämtlich in den falschen Stock einzogen. Dann aber benahmen sie sich in verschiedenen Versuchen verschieden. Sie blieben nämlich nicht immer, wie in dem oben geschilderten Versuche, ruhig in dem leeren Stocke, in den sie eingezogen waren, sondern meist lief ein Teil der Bienen alsbald wieder beim Flugloche des leeren Stockes heraus, lief unruhig auf dem Flugbrettchen umher, viele unternahmen von da aus kurze Flüge und kehrten dann entweder zum gleichen Stocke zurück oder fanden auch nach einigem Suchen den richtigen Stock auf. Doch ließen sich die Bienen in solchen Fällen quantitativ im falschen Stocke festhalten, wenn eine Brutwabe in ihm eingehängt wurde (2 Versuche). Bei der normalen Anordnung der Schablonen wurde dadurch keine einzige Biene veranlaßt, an diesen Stock zu fliegen.

Die folgenden Zahlen mögen das zuletzt Gesagte illustrieren. Wir stellten am Nachmittage des 15. Juni zunächst wieder die normale Bienenfrequenz am Stock No. 4 fest, nachdem in Stock No. 3 eine Brutwabe eingehängt worden war; ich zählte binnen 10 Minuten 622 in den Stock No. 4 einfliegende Bienen; nach Abschluß des Versuches zählte ich binnen 5 Minuten 320 einfliegende Bienen. In der Zwischenzeit waren die Schablonen so, wie es oben beschrieben wurde, (mit Beibehaltung der relativen Lage der Farben) vertauscht worden und diese Anordnung 10 Minuten lang belassen worden. Man sah die Bienen während dieser Zeit regulär in den falschen Stock (No. 3) einziehen, und nur bei genauer Beobachtung fiel es auf, daß auf seinem Flugbrettchen einzelne Bienen erregt umherliefen und manchmal abflogen, jedoch nur, um nach einem kurzen Bogen wieder zurückzukehren. Nach 10 Minuten wurde der Flugspalt dieses Stockes verschlossen und die normale Anordnung der Schablonen wiederhergestellt. Der oben erwähnten Frequenz entsprechend waren über 600 Bienen im Stocke No. 3 zu erwarten; 654 waren tatsächlich darin. Als der Versuch kurz vorher in genau der gleichen Weise angestellt worden war, jedoch ohne daß eine Brutwabe in den Stock

1) Es sei erwähnt, daß der Versuch ebensogut gelang, als ich die Schablonen einmal nach der anderen Seite verschob: es wurden die Schablonen von Stock No. 5 an ihrem Platze umgedreht, die Schablonen vom (bevölkerten) Stock No. 4 abgenommen und umgedreht an Stock No. 6 befestigt. Die Bienen gingen quantitativ in den jetzt blauen Stock No. 5.

No. 3 eingehängt war, sah man gegen Ende der 10 Minuten viele Bienen den Stock verlassen, und es befanden sich nach Abschluß des Versuches in ihm nur 390 Bienen.

Von diesem letzterwähnten Versuche stammen die Photographien auf Taf. 5 Fig. 22—24. Fig. 22 zeigt das normale Verhalten vor Beginn des Versuches. Fig. 23 ist 3 Minuten nach dem Vertauschen der Schablonen aufgenommen. Alle heimkehrenden Bienen flogen in den leeren, blau maskierten Stock; an dem gelb maskierten Stocke sieht man nur ausfliegende Bienen. Die Photographien zeigen dies leider bei weitem nicht so deutlich wie der unmittelbare Anblick. Fig. 24 ist aufgenommen eine Minute, nachdem die Schablonen wieder in die normale Lage zurück versetzt waren.

Auf die übrigen Versuche brauche ich im einzelnen nicht einzugehen. Sie alle zeigen, daß die Biene, wenn sich ihr Stock von den Nachbarstöcken durch seine Farbe in auffallender Weise unterscheidet, dieses Merkmal als Hauptorientierungsmittel zum Auffinden ihres Heimes benützt. Sie zeigen ferner, daß sie dabei nicht nur die Farbe des eigenen Stockes, sondern auch die Farbe der Nachbarstöcke und deren relative Lage beachtet.

Das letztere läßt sich sehr hübsch auch durch folgenden einfachen Versuch zeigen, den ich mehrmals mit stets gleichem Erfolge wiederholte: ich entfernte vom blau maskierten Stocke bei starkem Bienenfluge die Schablonen vollständig. Die unmittelbare Folge ist ein starkes „Vorspielen“ der Bienen vor diesem Stocke. Die anfliegenden Bienen stutzen und schwärmen einige Zeit vor ihrem Stocke umher, bevor sie schließlich zögernd ins Innere gehen. Entfernt man nun vom rechten Nachbarstock die gelbe Schablone und macht den bevölkerten Stock gelb, indem man seine Schablonen umgedreht an ihm befestigt, so verschiebt sich sofort die wogende Wolke der vorspielenden Bienen um einen Stock nach links; sie spielen wieder links vom gelben Stocke, jetzt vor dem unmaskierten, leeren Stock No. 3 vor; alle heimkehrenden Bienen flogen zunächst gegen diesen Stock an, manche setzten sich sogar auf sein Flugbrettchen und krochen in den Flugspalt, die meisten fanden nach einigem Umherschwärmen doch ihren Stock auf. Bringt man nun die gelben Schablonen vom Stock No. 4 an den Stock No. 5, so steht die Bienenwolke sofort wieder vorm Stock No. 4.

Die gleichen Versuche wie mit blauen und gelben Schablonen

habe ich an anderen Bienenstöcken auch mit schwarzen und weißen, sowie mit roten und grünen[1]) Schablonen ausgeführt. Die Versuche gelangen mit diesen Schablonen in gleicher Weise, und ich brauche daher nicht näher auf sie einzugehen.

Bei den bisher geschilderten Versuchen war es stets ein unbewohnter Stock gewesen, in den die Bienen durch die veränderten Schablonen gelockt worden waren. Wie verhalten sie sich unter solchen Umständen gegenüber einem bewohnten, fremden Stocke?

Ein erster Versuch zeigte, daß auch ein fremder Nestgeruch die Bienen nicht zurückhält, wenn sie, der gewohnten Farbe folgend, an einen falschen Stock geraten. Ich hatte vor dem Beginn der oben beschriebenen Experimente einige Vorversuche an alten, längst eingeflogenen Stöcken unternommen. So versah ich am 14. Mai den Stock No. 7 (vgl. Fig. 16) mit gelben, den Stock No. 9, dessen Flugloch sich mit dem von No. 7 auf gleicher Höhe befand, mit blauen Schablonen. Die nächste Folge war ein Stutzen und Umherschwärmen der ankommenden Bienen. In den ersten Minuten betrat kaum eine Biene die maskierten Stöcke; die meisten scheinen in Nachbarstöcke geflogen zu sein, denn die Zahl der vorspielenden Bienen nahm nicht auffällig zu. Während der folgenden Stunde nahm die Zahl der einfliegenden Bienen an den maskierten Stöcken nur wenig zu und blieb weit hinter der vorher beobachteten Frequenz zurück. Ich ließ trotzdem die Schablonen an den Bienenstöcken. Als ich am 22. Mai, also nach 8 Tagen, wieder nachsah, flogen (um $^1/_2$ 10 Uhr vorm.) die Bienen des blauen Stockes (No. 9) sehr lebhaft und völlig normal, die Bienen des gelben Stockes (No. 7) flogen fast gar nicht; einen Grund hierfür kann ich nicht angeben, das Volk war stark und flog auch später wieder ganz normal. Für einen Versuch war dieser Umstand sehr günstig. Nachdem wir die Bienenfrequenz festgestellt hatten, drehten wir an beiden Stöcken die Schablonen um, so daß die Farben vertauscht (die Schablonen aber an den gleichen Stöcken geblieben) waren. Die Folge war, daß an dem jetzt gelben Stocke sofort die Zahl der einfliegenden Bienen auffallend abnahm, in den jetzt blauen Stock aber, der vor-

1) Das Rot stand dem Rot No. 1 (Taf. 5) nahe, war also für das Bienenauge außerordentlich dunkel; das Grün war noch ziemlich weit von dem „neutralen" Blaugrün entfernt, erschien also dem Bienenauge jedenfalls deutlich gelb.

her fast gar nicht geflogen war, zahlreiche Bienen einkehrten. Dies läßt kaum eine andere Deutung zu, als daß die Bienen des Stockes No. 9 nun, durch die Farbe verführt, in den Stock No. 7 einflogen. Als nach 10 Minuten die Schablonen abermals umgedreht wurden, wodurch die frühere Anordnung wieder hergestellt war, herrschte auch sofort wieder das frühere Verhältnis in der Frequenz der beiden Stöcke. Die Zahlen sind:

	Stock No. 7 (gelb)	Stock No. 9 (blau)
Bienenfrequenz 10^{40}—45	5	79
Schablonen umgedreht		
	Stock No. 7 (blau)	Stock No. 9 (gelb)
Bienenfrequenz 10^{46}—51	37	21
„ 10^{51}—56	70	18
Schablonen umgedreht		
	Stock No. 7 (gelb)	Stock No. 9 (blau)
Bienenfrequenz 10^{57}—11^{02}	8	65
„ 11^{02}—07	2	53

Immerhin bleibt es ein Mangel an diesem Versuche, daß es nicht möglich war, den einzelnen Bienen anzusehen, welchem Stocke sie angehörten. Um ein klares Resultat zu erhalten, habe ich folgenden Weg eingeschlagen:

Auf einem größeren Bienenstande des „Bienenheims" in Lochhausen [1]) standen übereinander zwei Reihen von Bienenstöcken. Inmitten der unteren Reihe war ein Stock unbesetzt, alle anderen Stöcke dieser Reihe waren bevölkert. Der leere Stock wurde nun am 7. Juni mit blauen, auf der Rückseite gelb gestrichenen Schablonen, der links daneben stehende (bevölkerte) Stock mit gelben, auf der Rückseite blau gestrichenen Schablonen versehen. Am 9. Juni wurde in den leeren Stock ein italienisches Bienenvolk gesetzt. Bekanntlich sind die „Italiener" von den deutschen Bienen an ihrem gelb gefleckten Hinterleibe leicht zu unterscheiden.

Es wurde nun beiden Völkern einige Tage Zeit gelassen, sich an die Schablonen zu gewöhnen. Dann wurde am Nachmittage des 14. Juni folgender Versuch gemacht: wir stellten zunächst die normale Frequenz der beiden Stöcke fest. Beim italienischen Volke

1) Herrn Hofmann, kgl. Landesinspektor für Bienenzucht sage ich für die freundliche Vermittlung der Erlaubnis, an dem Bienenstande experimentieren zu dürfen, auch an dieser Stelle besten Dank.

waren ganz vereinzelt auch deutsche Bienen, beim deutschen Volke vereinzelte italienische Bienen zu bemerken. Als wir nun die Schablonen an ihren Plätzen umdrehten, so daß die Farben vertauscht waren, flogen in den nächsten 10 Minuten beim deutschen Volk weit mehr italienische als deutsche Bienen, beim italienischen Stocke weit mehr deutsche als italienische Bienen an.[1]) Hierbei legte das italienische Volk ein anderes Temperament an den Tag als das deutsche. Während nämlich das deutsche Volk die fremden Italiener ohne weiteres einließ, entspannen sich auf dem Flugbrettchen des Italienervolkes heftige Kämpfe, und mit Bissen und Stichen wurde die Mehrzahl der Deutschen, die mit Zähigkeit einzudringen suchten, vom Eingange vertrieben. Der schwache Geruch, der dem fremden Bienen*individuum* anhaftete, genügte, um die Wächter des Stockes zur Verteidigung herauszufordern[2]); aber der starke Duft, der dem fremden Bienen*volke* entströmte, genügte nicht, um die Eindringenden abzuhalten — so sehr überwiegt der Einfluß der Farbe den Einfluß des Duftes bei der Orientierung der heimkehrenden Biene.

Wollte jemand annehmen, die Bienen hätten in all diesen Versuchen die verschiedenfarbigen Schablonen nicht an der Farbe, sondern an einem

---

1) Die Zahlen sind:

		Deutscher Stock (gelb)		Italienischer Stock (blau)	
		Deutsche B.	Ital. B.	Ital. B.	Deutsche B.
Bienenfrequenz	5^{17-22}	65	0	78	1 od. 2
„	5^{24-29}	58	3	62	3

Schablonen umgedreht.

		Deutscher Stock (blau)		Italienischer Stock (gelb)	
		Deutsche B.	Ital. B.	Ital. B.	Deutsche B.
Bienenfrequenz	5^{30-35}	7	24	14	21
„	5^{35-40}	9	24	19	31

Da gleich zu Beginn der Beobachtung, bevor noch an den Schablonen etwas verändert worden war, häufig Bienen bemerkt wurden, die aus dem Flugspalt herauskrochen und, ohne abzufliegen, wieder in den Stock zurückkehrten, zählten wir nicht die in den Stock hineinkriechenden, sondern die anfliegenden (sich auf das Flugbrettchen setzenden) Bienen.

2) Es wird allgemein angenommen, daß sich die Angehörigen eines Volkes durch den *Geruchssinn* erkennen und ebenso die Angehörigen fremder Völker unterscheiden.

(für uns nicht wahrnehmbaren) spezifischen Geruche der farbigen Anstriche unterschieden, so sei darauf hingewiesen, wie unwahrscheinlich dies schon durch die zuletzt beschriebenen Versuche wird. Es sei ferner betont, daß bei dem eben beschriebenen und bei anderen Versuchen die Farben mit einem farblosen Lack überzogen waren, so daß ein spezifischer Geruch kaum in Frage kommen konnte. Es wird aber wohl niemand auf einen solchen Gedanken verfallen, da aus den in den ersten Kapiteln geschilderten Versuchen klar hervorgeht, wie sehr die Farbe als Merkzeichen für die Biene von Bedeutung ist.

In Hinblick auf jene Versuche konnte ich auch den Farbensinn der Biene als erwiesen betrachten und brauchte dem Umstande kein Gewicht beizumessen, ob die gelben und blauen Schablonen für den total Farbenblinden gleichen oder verschiedenen Helligkeitswert besaßen. Doch sei erwähnt, daß ich auch eine Versuchsreihe anstellte, in welcher ich blaue und graue Schablonen verwendete, die für das total farbenblinde menschliche Auge gleichen Helligkeitswert hatten. Zu den Versuchen diente das auf Blau eingeflogene Volk im Stock No. 4 in Pöcking. Wurden die Schablonen an diesem Stocke umgedreht, so daß er gelb statt blau maskiert war, so ließen sich die Bienen wohl durch blaue, nicht aber durch graue Schablonen von gleichem farblosen Helligkeitswerte in den Stock No. 5 locken.

c) Ratschläge für den Imker.

Wir sehen also, daß der Imker, der den Bienen das Auffinden ihrer Stöcke erleichtern will, kaum ein besseres und zuverlässigeres Mittel anwenden könnte als einen farbigen Anstrich der Bienenwohnungen. Nur wird er einige Regeln befolgen müssen, wenn er seinen Zweck erreichen will.

1. Es wird sich empfehlen, die ganzen Bienenstöcke (soweit sie von außen sichtbar sind) und nicht nur die Flugbrettchen oder die nächste Umgebung der Fluglöcher farbig zu streichen. Denn die Biene beachtet das Aussehen des ganzen Stockes und sogar das Aussehen der Nachbarstöcke.

Daß derart kleine farbige Schildchen, wie eines auf Taf. 4 Fig. 20 am Stock No. 5 zu sehen ist, von den Bienen kaum beachtet werden, davon habe ich mich selbst überzeugt. Das Entfernen solcher Schildchen von Stöcken, an denen sie seit langer Zeit befestigt waren, hatte keine oder nur eine kaum merkliche Störung des Bienenfluges zur Folge.

2. Man soll nicht an benachbarten Stöcken Farben anwenden, die wohl für das Menschenauge, nicht aber für das Bienenauge voneinander abstechen. Man soll nicht neben einen blauen einen purpurroten, nicht neben einen schwarzen einen scharlachroten Stock setzen. Am besten wird man nur solche Anstriche verwenden, welche die

Bienen sämtlich mit Sicherheit voneinander unterscheiden: Blau, Gelb, Schwarz und Weiß. Hiermit dürfte man in der Regel ausreichen, da unter normalen Verhältnissen wohl kaum eine Biene um die Breite von vier Stöcken seitlich abirren wird.

3. Will man dennoch eine größere Mannigfaltigkeit, so soll man diese nicht durch weitere Farbtöne, die von den Bienen schlecht unterschieden werden, sondern durch Anbringen von Farbenkombinationen erzielen. Ein Stock, der zur linken Hälfte gelb, zur rechten Hälfte blau gestrichen ist, wird von einem anderen, linkerseits blau, rechterseits gelb gestrichenen Stocke ebenso sicher unterschieden werden, wie die halb blau, halb gelb beklebten Scheiben in den auf S. 72, 73 geschilderten Versuchen; und ebenso wie die Farbe des linken und rechten Nachbarstockes (vgl. S. 94—97), wird die Farbe der linken und rechten Hälfte des eigenen Stockes zur Orientierung verwertet werden. Wenn man in dieser Weise Blau, Gelb, Schwarz und Weiß miteinander kombiniert, erhält man genügend viele verschiedenartige Anstriche, um selbst auf dem größten Bienenstande die Bedürfnisse zu befriedigen.

Zusammenfassung.

1. Die Biene besitzt Farbensinn. Dies läßt sich folgendermaßen nachweisen. Wäre sie total farbenblind, so sähe sie jede Farbe, z. B. ein Blau, nur als ein Grau von bestimmter Helligkeit. In einer Serie grauer Papiere, welche in hinreichend feinen Helligkeitsabstufungen von Weiß bis zu Schwarz führt, müßte also ein Grau enthalten sein, das für die Biene mit einem blauen Papiere von gleicher Form, Größe und Oberflächenbeschaffenheit identisch ist. Sie vermag aber ein blaues Papier (worauf sie durch Fütterung dressiert ist) von allen Helligkeitsabstufungen des Grau mit Sicherheit zu unterscheiden. Daß die bei den Versuchen verwendete Grauserie genügend fein abgestuft war, geht daraus hervor, daß eine Dressur auf ein bestimmtes Grau dieser Serie nicht gelang.

Der Einwand, daß die Bienen das farbige Papier nicht durch seine Farbe, sondern durch einen (für uns nicht wahrnehmbaren) spezifischen Geruch von den grauen Papieren unterschieden hätten, erledigt sich dadurch, daß die Versuche in gleicher Weise gelingen, wenn die farbigen und grauen Papiere mit einer Glasplatte bedeckt oder in Glasröhrchen eingeschmolzen sind.

2. Die Biene verwechselt Rot (Taf. 5, Rot No. 1) mit Schwarz, und Blaugrün (Taf. 5, No. 10 und 11) mit Grau. Sie unterscheidet

nur „warme“ und „kalte“ Farben und verwechselt Orangerot mit Gelb und mit Grün, Blau mit Violett und Purpurrot. Es zeigt somit ihr Farbensinn eine weitgehende Übereinstimmung mit dem Farbensinn eines rotgrünblinden (protanopen) Menschen.

3. Jene Farben, welche vom Bienenauge nicht farbig gesehen werden, also ein Blaugrün und ein reines Rot, kommen in unserer Flora als Blumenfarben nur äußerst selten vor. Man kann hierin eine Stütze für die Ansicht sehen, daß sich die Farben der Blumen als Anpassung an ihre Bestäuber entwickelt haben, um so mehr, als bei jenen ausländischen Blumen, welche an die Bestäubung durch Vögel angepaßt sind, scharlachrote Blumen vorherrschend, blaue Blumen auffallend selten sind (v. Hess hat nachgewiesen, daß die von ihm untersuchten Vögel blaue Farben relativ schlecht wahrnehmen können).

In vielen Blumen findet man mehrere, meist lebhaft „kontrastierende“ Farben miteinander kombiniert. Auch diese „Kontrastfarben“ hat man als Anpassung an den Insectenbesuch gedeutet, vor allem da, wo sie in Form von „Saftmalen“ auftreten. Nach unseren neuen Erfahrungen über den Farbensinn der Biene dürfen wir Farbendifferenzen, die für unser Auge als solche auffällig sind, nicht ohne weiteres auch für das Insectenauge als Farbendifferenzen gelten lassen. Eine genauere Prüfung ergibt jedoch, daß hier der eben erwähnten Ansicht keine Schwierigkeit erwächst. Denn wir finden an den mehrfarbigen Blüten fast ausschließlich solche Farben miteinander kombiniert, die sich für das Bienenauge deutlich voneinander abheben müssen. Dagegen läßt sich die biologische Deutung, welche man dem Farbwechsel gegeben hat, den manche Blumen beim Verblühen zeigen, nicht in vollem Umfange aufrecht halten.

Es ist den Blütenbiologen aufgefallen, daß bei den Blumen mit den vollkommensten Einrichtungen zur Sicherung der Fremdbestäubung, die vorwiegend an den Besuch von Bienen und Hummeln angepaßt sind, Blau und Pupurrot als Blütenfarbe vorwiegen. Man hat zur Erklärung dessen die Angabe herangezogen, daß Blau und Purpurrot die Lieblingsfarbe der Bienen seien. Diese Angabe läßt sich aber nicht bestätigen. Dagegen ergibt sich aus meinen Versuchen, daß sich vom Grün des Laubes für das Bienenauge blaue und purpurrote Farben am wirksamsten abheben müssen. Und so läßt sich die blaue und purpurrote Blütenfarbe der „Immenblumen“ zwanglos den übrigen Merkmalen einreihen, durch welche diese

Blumengruppe gegenüber primitiveren Insectenblüten ihre bessere Anpassung an den Insektenbesuch bekundet.

4. Aus den Beobachtungen über die Blumenstetigkeit der Bienen folgt, daß diese die Blüten einer Pflanzenart als zusammengehörig erkennen und von den Blüten anderer Pflanzenarten mit Sicherheit unterscheiden. Da sie nun kein feineres Unterscheidungsvermögen für Farbennuancen besitzen, müssen sie beim Auffinden der zusammengehörigen Blüten außer der Blumenfarbe noch andere Merkzeichen benutzen. Es ließ sich zeigen, daß auch Formen und Farbenkombinationen von den Bienen als Merkzeichen verwertet werden. Die Bedeutung der „Saftmale" dürfte zum Teil in dieser Richtung zu suchen sein.

5. Es ist von psychologischem Interesse, daß die Dressur mißlang, wenn von den Bienen die Unterscheidung von Formen verlangt wurde, die ihnen von Natur aus völlig fremd sind (geometrische Figuren).

6. Die an der Futterstelle verkehrenden Bienen gehörten im ersten Versuchsjahre sämtlich einem bestimmten Bienenstocke an, obwohl sich zahlreiche Stöcke in der Nähe befanden. Im zweiten Jahre war dies anfangs ebenso, dann wurde im Verlaufe mehrerer Wochen das betreffende Volk von den Angehörigen eines anderen Stockes an allen Futterstellen unter Kämpfen vollständig verdrängt.

Aus gelegentlichen Beobachtungen geht hervor, daß unter den nach Tausenden zählenden Bewohnern eines Bienenstockes die relativ wenigen Tiere, die an einer bestimmten Futterstelle verkehrten, ständig miteinander in Fühlung waren und sich gewissermaßen persönlich kannten.

8. Die Streitfrage, ob ein farbiger Anstrich der Bienenstöcke den heimkehrenden Bienen das Auffinden ihres Stockes erleichtert, wird in bejahendem Sinne entschieden. Wie sehr die Bienen die Farbe ihres Stockes beachten und als Merkzeichen verwerten, geht daraus hervor, daß sich die heimkehrenden Bienen bei geeigneter Versuchsanordnung durch Vertauschen der Farben vollzählig in einen falschen (leeren) Stock locken lassen. Sogar in bewohnte, fremde Stöcke suchen sie, durch die Farbe verführt, einzudringen, auch dann, wenn sie daselbst auf das unfreundlichste empfangen werden.

Anhang: Versuchsprotokolle zu Kapitel 1 und 2.

Bei allen Versuchen wurde der Platz des Dressurpapieres vor Beginn des Versuches verändert; wo nichts anderes angegeben ist, sind alle Papiere mit leeren Uhrschälchen beschickt.

Dressur auf ein mittleres Grau.

Die Bienen sind auf Grau No. 15 der aus 30 Nummern bestehenden Grauserie dressiert. Sie waren vorher auf Rot_1 dressiert.

Tabelle 1.

Versuch am 19. August 1912, nach 3tägiger Dressur. — Wir zählen $^1/_4$ Stunde lang die sich setzenden Bienen. Um die Anordnung der Grauserie zu einem Rechteck zu ergänzen, ist ein weißes und ein schwarzes Papier doppelt vertreten.

No. der Grauserie	1	1a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	30a
Bienenfrequenz in den															ca.	ca.																
ersten 5 Min.	4	1	1	8	0	3	6	3	4	0	2	3	11	1	50	50	7	0	5	19	2	6	12	10	8	3	2	7	3	5	18	1
zweiten 5 „	0	0	1	6	0	2	0	3	1	2	4	1	5	0	18	13	8	18	2	33	0	5	1	5	2	2	1	1	1	2	10	0
dritten 5 „	0	0	3	4	0	4	4	2	4	5	4	0	6	0	5	8	2	3	2	5	0	5	0	8	2	2	0	0	3	2	9	0
Summa	4	1	5	18	0	9	10	8	9	7	10	4	22	1	73	71	17	21	9	57	2	16	13	23	12	7	3	8	7	9	37	1

Tabelle 2.

Versuch am 21. August 1912, nach 5tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 1.

No. der Grauserie	1	1a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	30a
Bienenfrequenz in den																																
ersten 5 Min.	3	23	4	0	0	19	6	3	2	3	7	3	1	2	22	5	1	2	2	2	1	0	1	7	2	5	4	6	2	0	9	0
zweiten 5 „	1	7	4	2	6	1	4	19	0	3	8	8	1	1	4	9	6	4	6	9	1	1	3	11	6	3	4	2	3	1	42	2
dritten 5 „	0	4	3	0	1	3	1	0	20	3	6	9	4	0	7	12	1	0	7	18	1	1	1	11	6	2	3	3	1	0	23	2
Summa	4	34	11	2	7	23	11	22	22	9	21	20	6	3	33	26	8	6	15	29	3	2	5	29	14	10	11	11	6	1	74	4

Tabelle 3.

Versuch am 21. August 1912, nach 5tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 1.

No. der Grauserie	1	1a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	30a
Bienenfrequenz in den																																
ersten 5 Min.	5	1	4	0	4	7	4	5	1	0	81	1	5	0	9	20	10	4	2	6	3	1	0	9	5	2	2	3	1	6	6	0
zweiten 5 „	2	8	6	0	3	1	4	13	1	3	21	3	2	2	2	3	3	0	2	13	3	2	1	5	5	3	2	1	2	4	3	0
dritten 5 „	3	0	3	0	0	5	4	0	0	1	9	0	2	1	1	6	2	3	2	6	1	1	0	6	6	3	4	2	0	1	4	0
Summa	10	9	13	0	7	13	12	18	2	4	111	4	9	3	12	29	15	7	6	25	7	4	1	20	16	8	8	6	3	11	13	0

Tabelle 4.

Versuch am 22. August 1912, nach 6tägiger Dressur. — In die Grauserie wird die Farbenserie eingereiht, indem abwechselnd je zwei graue und dann ein farbiges Blatt aufgelegt werden. Sonst wie bei Tab. 1.

No. der Grauserie	1	1a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	3
Bienenfrequenz in den																															
ersten 5 Min.	1	0	3	2	0	2	0	4	1	3	1	0	9	5	2	0	1	1	8	1	2	0	6	0	1	5	0	0	0	0	(
zweiten 5 „	1	0	0	0	7	1	0	2	1	4	0	0	2	0	1	2	1	1	4	2	1	0	0	1	0	5	0	0	0	0	1
dritten 5 „	0	0	0	1	1	1	0	1	2	0	0	1	0	1	1	0	2	2	4	0	1	0	2	0	1	3	0	1	0	1	]
Summa	2	0	3	3	8	4	0	7	4	7	1	1	11	6	4	2	4	4	16	3	4	0	8	1	2	13	0	1	0	1	?

No. der Farbenserie	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz in den																
ersten 5 Min.	3	0	0	5	3	0	5	0	2	0	1	2	0	3	2	18
zweiten 5 „	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	0	6
dritten 5 „	0	0	1	1	2	1	0	1	0	0	0	5	1	0	0	1
Summa	4	0	1	7	5	1	6	2	2	0	1	8	1	5	2	25

Tabelle 5.

Versuch am 24. August 1912, nach 8tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 4.

No. der Grauserie	1	1a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	3
Bienenfrequenz in den																															
ersten 5 Min.	4	0	0	0	1	3	1	2	0	3	2	2	2	3	0	2	0	0	4	4	3	0	1	1	0	7	5	0	0	0	(
zweiten 5 „	2	0	0	2	2	18	1	1	0	3	0	0	5	3	3	0	0	2	5	3	3	0	3	0	0	4	18	0	0	1	(
dritten 5 „	3	0	0	2	0	8	0	1	0	1	0	0	3	7	0	1	0	0	7	7	4	0	0	0	0	6	6	3	0	3	(
Summa	9	0	0	4	3	29	2	4	0	7	2	2	10	13	3	3	0	2	16	14	10	0	4	1	0	17	29	3	0	4	(

No. der Farbenserie	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	4	0	0	1	0	0	4	0	0	1	0	2	30	3	6	? [1]
„ zweiten 5 „	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	5	7	0	2	?
„ dritten 5 „	13	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	6	2	5	6	?
Summa	19	0	1	1	2	0	6	0	2	1	0	13	39	8	14	?

1) Hier entstand ein großer Bienenklumpen, der von dem Beobachter nicht gezählt werden konnte.

Dressur auf Schwarz.

Die Bienen sind auf Grau No. 15 der aus 15 Nummern bestehenden Grauserie dressiert. Sie waren vorher auf Blau No. 12 dressiert.

Tabelle 6.

Versuch am 10. August 1913, 1^{35-40}, nach 1tägiger Dressur. — Wir zählen 5 Minuten lang die sich setzenden Bienen. Um die Anordnung der Papiere zu einem Quadrat zu ergänzen, ist Weiß (Grau No. 1) doppelt aufgelegt. Die Bienenfrequenz ist in zwei Tabellen eingetragen: die erste gibt die Anordnung der Papiere beim Versuch an, in der zweiten sind die Papiere nach der Helligkeit geordnet.

Anflugseite.

$Grau_8$ 0	$Grau_2$ 1	$Grau_1$ 2	$Grau_{11}$ 6
$Grau_5$ 1	$Grau_7$ 1	$Grau_6$ 1	**$Grau_{15}$** 81
$Grau_4$ 0	$Grau_{13}$ 5	$Grau_{10}$ 3	$Grau_3$ 0
$Grau_9$ 0	$Grau_{12}$ 1	$Grau_4$ 0	$Grau_{14}$ 3

No. der Grauserie	1	1a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bienenfrequenz	2	0	1	0	0	1	1	1	0	0	3	6	1	5	3	81

Tabelle 7.

Versuch am 11. August 1913, 2^{15-20}, nach 2tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 6.

Anflugseite.

$Grau_1$ 7	$Grau_{13}$ 389	$Grau_6$ 0	$Grau_4$ 0
$Grau_{11}$ 8	$Grau_7$ 1	$Grau_{12}$ 2	$Grau_2$ 0
$Grau_{10}$ 1	$Grau_8$ 1	$Grau_9$ 0	$Grau_{15}$ 1
$Grau_3$ 0	$Grau_{14}$ 1	$Grau_1$ 0	$Grau_5$ 0

No. der Grauserie	1	1a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bienenfrequenz	7	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	8	2	389	1	1

Tabelle 8.

Versuch am 13. August 1913, 9^{20-25}, nach 4tägiger Dressur. — Es wird die Grauserie und ein blaues (Blau No. 12) Papier aufgelegt. Sonst wie bei Tab. 6.

Anflugseite.

$Grau_2$ 1	$Grau_8$ 0	$Grau_{15}$ 163	$Grau_{10}$ 1
$Grau_{11}$ 0	$Grau_{12}$ 1	$Grau_4$ 0	$Grau_6$ 3
$Grau_{14}$ 0	$Grau_9$ 0	$Grau_{13}$ 1	$Blau_{12}$ 1
$Grau_7$ 0	$Grau_3$ 0	$Grau_5$ 0	$Grau_1$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$Blau_{12}$
Bienenfrequenz	0	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	1	1	0	163	1

Tabelle 9.

Versuch am 13. August 1913, 10^{50}—11^{00}, nach 4tägiger Dressur. — Es wird die Grauserie und ein rotes Papier (Rot No. 1) aufgelegt und zweimal 5 Minuten lang gezählt. Sonst wie bei Tab. 6.

Anflugseite.

Rot_1 1 2	$Grau_7$ 0 0	$Grau_{10}$ 0 0	**$Grau_{15}$** 117 11
$Grau_3$ 3 0	$Grau_4$ 2 2	$Grau_{14}$ 26 39	$Grau_6$ 0 0
$Grau_5$ 0 0	$Grau_{13}$ 269 39	$Grau_9$ 0 0	$Grau_{12}$ 0 1
$Grau_{11}$ 0 0	$Grau_2$ 0 0	$Grau_8$ 0 0	$Grau_1$ 1 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	**15**	Rot_1
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	269	26	117	1
zweiten 5 „	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	39	39	11	2
Summa	1	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	1	308	65	128	3

Tabelle 10.

Versuch am 14. August 1913, 8^{25-30}, nach 5tägiger Dressur. — Grauserie und Rot No. 1, sonst wie bei Tab. 6.

Anflugseite.

$Grau_7$ 0	$Grau_5$ 0	$Grau_{10}$ 0	$Grau_9$ 0
$Grau_{15}$ 5	$Grau_4$ 0	$Grau_3$ 0	Rot_1 0
$Grau_2$ 0	$Grau_{14}$ 7	$Grau_{13}$ 246	$Grau_{11}$ 6
$Grau_6$ 2	$Grau_8$ 2	$Grau_{12}$ 0	$Grau_1$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Rot_1
Bienenfrequenz	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	6	0	246	7	5	0

Tabelle 11.

Versuch am 14. August 1913, 9^{10-15}, nach 5tägiger Dressur. — Grauserie und Rot No. 1, sonst wie bei Tab. 6.

Anflugseite.

$Grau_7$ 0	$Grau_5$ 6	$Grau_{10}$ 20	$Grau_9$ 0
$Grau_{11}$ 0	$Grau_4$ 0	Rot_1 184	$Grau_3$ 4
$Grau_{15}$ 39	$Grau_2$ 1	$Grau_8$ 1	$Grau_{14}$ 7
$Grau_{12}$ 1	$Grau_{13}$ 1	$Grau_1$ 0	$Grau_6$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Rot_1
Bienenfrequenz	0	1	4	0	6	0	0	1	0	20	0	1	1	7	39	184

Tabelle 12.

Versuch am 14. August 1913, 9^{45-50}, nach 5tägiger Dressur. — Grauserie mit Rot No. 1, sonst wie bei Tab. 6.

Anflugseite.

$Grau_{11}$ 1	$Grau_7$ 4	$Grau_5$ 5	$Grau_4$ 3
$Grau_9$ 0	$Grau_{10}$ 1	$Grau_{13}$ 8	$Grau_3$ 3
$Grau_1$ 0	Rot_1 2	$Grau_6$ 0	$Grau_{14}$ 4
$Grau_{15}$ 171	$Grau_2$ 0	$Grau_{12}$ 2	$Grau_8$ 32

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Rot_1
Bienenfrequenz	0	0	3	3	5	0	4	32	0	1	1	2	8	4	171	2

Dressur auf Weiß.

Die Bienen sind auf ein Weiß dressiert, das noch um eine Nuance heller ist als das $Grau_1$ der aus 15 Nummern bestehenden Grauserie. Bei der Dressur liegen nur vier Papiere auf (vgl. S. 21, 22), ein weißes, ein schwarzes (No. 15) und zwei mittelgraue (No. 5 u. 10), bei den Versuchen wird nebst dem Weiß die ganze, aus 15 Nummern bestehende Grauserie aufgelegt. Die Bienen waren vorher auf Rot No. 1 dressiert.

Tabelle 13.

Versuch am 5. Sept. 1913, 8^{50-55}, nach 3tägiger Dressur.

Anflugseite.

$Grau_{10}$ 0	$Grau_{14}$ 1	$Grau_9$ 0	$Grau_2$ 81
$Grau_{15}$ 1	$Grau_6$ 4	**Weiß** 2	$Grau_8$ 0
$Grau_5$ 0	$Grau_1$ 0	$Grau_{12}$ 0	$Grau_3$ 2
$Grau_7$ 0	$Grau_{13}$ 0	$Grau_4$ 0	$Grau_{11}$ 0

No. der Grauserie	**Weiß**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bienenfrequenz	2	0	81	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Tabelle 14.

Versuch am 5. Sept. 1913, 8^{58}—9^{03}, nach 3tägiger Dressur.

Anflugseite.

$Grau_{10}$ 0	$Grau_{14}$ 0	$Grau_{9}$ 0	$Grau_{4}$ 1
$Grau_{15}$ 1	$Grau_{6}$ 0	$Grau_{8}$ 1	**Weiß** 33
$Grau_{5}$ 0	$Grau_{1}$ 0	$Grau_{12}$ 0	$Grau_{3}$ 0
$Grau_{7}$ 0	$Grau_{13}$ 0	$Grau_{2}$ 0	$Grau_{11}$ 0

No. der Grauserie	**Weiß**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bienenfrequenz	33	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Tabelle 15.

Versuch am 5. Sept. 1913, 9^{10-15}, nach 3tägiger Dressur.

Anflugseite.

Weiß 83	$Grau_{12}$ 0	$Grau_{11}$ 1	$Grau_{8}$ 0
$Grau_{7}$ 0	$Grau_{2}$ 39	$Grau_{9}$ 0	$Grau_{4}$ 0
$Grau_{13}$ 0	$Grau_{6}$ 0	$Grau_{3}$ 0	$Grau_{1}$ 0
$Grau_{14}$ 0	$Grau_{5}$ 0	$Grau_{15}$ 0	$Grau_{10}$ 0

No. der Grauserie	**Weiß**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bienenfrequenz	83	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Tabelle 16.

Versuch am 5. Sept. 1913, 9^{20-30}, nach 3tägiger Dressur; die Bienen wurden zweimal 5 Minuten lang gezählt.

Anflugseite.

$Grau_6$ 13 6	$Grau_{12}$ 0 0	$Grau_{11}$ 0 0	$Grau_1$ 1 4
$Grau_7$ 0 0	$Grau_{14}$ 0 1	$Grau_9$ 0 0	$Grau_4$ 1 27
$Grau_{13}$ 0 0	**Weiß** 5 105	$Grau_3$ 0 0	$Grau_8$ 0 0
$Grau_2$ 3 1	$Grau_5$ 0 1	$Grau_{15}$ 0 0	$Grau_{10}$ 0 0

No. der Grauserie	Weiß	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	5	1	3	0	1	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zweiten 5 „	105	4	1	0	27	1	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Summa	110	5	4	0	28	1	19	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Dressur auf Rot No. 1 (vgl. Taf. 5).

Die Bienen waren vorher auf Blau No. 13 dressiert.

Tabelle 17.

Versuch am 12. Aug. 1912, 1^{50}—2^{05}, nach 2tägiger Dressur. — Grauserie in 30 Abstufungen und ein Rot_1; um die Anordnung der Papiere auf ein Rechteck zu ergänzen, ist ein mittleres Grau (No. 15) doppelt aufgelegt.

. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Rot_1
enenfrequenz in den																																
en 5 Min.	2	1	2	0	0	1	1	2	0	1	0	5	0	0	0	0	5	0	1	8	0	0	4	0	0	0	1	0	3	4	2	30
iten 5 „	2	0	0	0	0	1	3	0	0	1	0	1	1	2	0	0	0	1	0	2	0	0	3	2	0	0	1	1	2	2	17	14
ten 5 „	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11	1	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1
mma	4	2	2	0	0	2	4	2	0	2	2	17	2	4	1	0	5	1	1	10	1	0	7	2	0	1	2	1	5	6	21	48

Tabelle 18.

Versuch am 13. Aug. 1912, 9^{10-55}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tabelle 17.

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1
Bienenfrequenz	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	1	2	0	3	

Es setzten sich bei diesem Versuche wenig Bienen, teils da seit ca. $^1/_2$ Stunde nicht mehr gefüttert worden war, teils da ein ziemlich starker Wind die Tiere am Niedersitzen hinderte. Doch war sehr deutlich, daß sie die dunklen Papiere umschwärmten.

Tabelle 19.

Versuch am 13. Aug. 1912, 11^{35-50}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 17.

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1
Bienenfrequenz in den																																
ersten 5 Min.	4	0	9	2	3	0	0	1	0	1	3	1	1	1	0	2	1	1	0	0	0	0	6	0	1	5	3	19	5	105	23	
zweiten 5 „	0	1	6	0	1	0	1	0	4	0	0	2	0	4	0	1	1	2	0	0	0	1	0	1	0	12	7	6	1	82	18	
dritten 5 „	3	0	48	1	0	2	4	0	4	0	3	4	2	4	2	0	0	1	0	1	0	0	1	3	2	2	7	8	4	17	8	
Summa	7	1	63	3	4	2	5	1	8	1	6	7	3	9	2	3	2	4	0	1	0	1	7	4	3	19	17	33	10	204	49	

Tabelle 20.

Versuch am 13. Aug. 1912, 2^{00-15}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 17.

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1
Bienenfrequenz in den																																
ersten 5 Min.	0	0	3	0	0	0	9	1	2	0	5	5	0	0	0	?[1]	1	3	0	2	0	0	2	3	0	0	4	20	2	41	2	
zweiten 5 „	0	0	5	1	0	7	2	0	3	0	1	2	0	0	0	?	0	1	0	0	1	0	0	4	0	0	5	18	6	49	7	
dritten 5 „	0	0	4	0	0	3	3	0	3	0	2	3	0	0	0	?	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0	4	51	4	16	4	
Summa	0	0	12	1	0	10	14	1	8	0	8	10	0	0	0	?	1	4	0	2	1	0	4	13	0	0	13	89	12	106	13	

1) Die Frequenz dieses Papieres wurde versehentlich nicht notiert.

Tabelle 21.

Versuch am 16. August 1912, nach 6tägiger Dressur. — Ein Rot_1 in der aus 30 Abstufungen bestehenden Grauserie, außerdem ein mattschwarzes Papier von gleicher Größe aus der Hering'schen Serie entnommen. Dieses war noch um eine Nuance tiefer schwarz als das dunkelste der auf photographischem Wege hergestellten grauen Papiere.

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Schwarz	Rot$_1$
Bienenfrequenz in den																																
ersten 5 Min.	2	1	0	1	3	1	1	3	0	4	0	2	2	4	2	0	4	4	5	4	10	3	3	0	1	16	5	11	4	Kl.[1])	Kl.[1])	95
zweiten 5 „	0	1	1	0	2	0	0	0	2	4	0	1	0	3	3	0	3	1	1	2	3	2	0	3	1	0	1	5	6	15	80	24
dritten 5 „	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	8	2	6	0	1	0	11	67	30
Summa	2	2	1	1	5	1	1	3	5	9	0	3	2	7	5	0	8	6	6	7	14	5	3	11	4	22	6	17	10	26 + Kl.	147 + Kl.	149

1) Hier entstand ein Klumpen von Bienen so rasch, daß er vom Beobachter nicht gezählt werden konnte.

Im Sommer 1913 wurde die Dressur auf Rot$_1$ nochmals aufgenommen. Die Bienen waren vorher auf Blaugrün No. 11 dressiert.

Tabelle 22.

Versuch am 1. Sept. 1913, 3^{15-20}, nach 1tägiger Dressur. — Die aus 15 Abstufungen bestehende Grauserie und ein Rot No. 1.

Anflugseite.

Grau$_1$ 0	Grau$_{12}$ 3	Grau$_5$ 1	Grau$_4$ 1
Grau$_{14}$ 7	Grau$_{11}$ 4	Grau$_3$ 2	Grau$_{15}$ 305
Grau$_9$ 1	Grau$_7$ 5	**Rot$_1$** 11	Grau$_2$ 0
Grau$_6$ 7	Grau$_{13}$ 3	Grau$_8$ 3	Grau$_{10}$ 5

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**Rot$_1$**
Bienenfrequenz	0	0	2	1	1	7	5	3	1	5	4	3	3	7	305	11

Tabelle 23.

Versuch am 1. Sept. 1913, 3^{25-30}, nach 1tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 22.

Anflugseite.

$Grau_{10}$ 0	$Grau_{8}$ 2	$Grau_{7}$ 1	$Grau_{6}$ 0
$Grau_{13}$ 0	**Rot_{1}** 212	$Grau_{2}$ 2	$Grau_{12}$ 0
$Grau_{1}$ 5	$Grau_{9}$ 0	$Grau_{11}$ 0	$Grau_{5}$ 0
$Grau_{3}$ 1	$Grau_{14}$ 18	$Grau_{4}$ 0	$Grau_{15}$ 10

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**Rot_{1}**
Bienenfrequenz	5	2	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	18	10	212

Dressur auf Rot No. 2.

Die Bienen waren vorher erfolglos auf Weiß dressiert worden (vgl. S. 21).

Tabelle 24.

Versuch am 19. Aug. 1913, 10^{10-15}, nach 2tägiger Dressur. — Die aus 15 Nummern bestehende Grauserie und ein Rot No. 2.

Anflugseite.

$Grau_{15}$ 1	$Grau_{4}$ 0	$Grau_{9}$ 0	$Grau_{10}$ 0
$Grau_{5}$ 3	**Rot_{2}** 4	$Grau_{8}$ 1	$Grau_{13}$ 3
$Grau_{15}$ 57	$Grau_{11}$ 141	$Grau_{3}$ 0	$Grau_{12}$ 0
$Grau_{2}$ 0	$Grau_{6}$ 2	$Grau_{14}$ 1	$Grau_{7}$ 0

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	**Rot_2**
Bienenfrequenz	—	0	0	0	3	2	0	1	0	0	141	0	3	1	1	57	4

NB. Versehentlich wurde bei diesem Versuche statt des $Grau_1$ ein zweites $Grau_{15}$ aufgelegt.

Tabelle 25.

Versuch am 19. Aug. 1913, 5^{45-50}, nach 2tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 24.

Anflugseite.

$Grau_{12}$ 1	$Grau_4$ 0	$Grau_6$ 1	$Grau_{11}$ 0
$Grau_{14}$ 5	$Grau_8$ 73	$Grau_3$ 0	$Grau_{13}$ 3
$Grau_5$ 1	**Rot_2** 189	$Grau_7$ 3	$Grau_2$ 4
$Grau_{15}$ 4	$Grau_9$ 0	$Grau_1$ 1	$Grau_{10}$ 8

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**Rot_2**
Bienenfrequenz	1	4	0	0	1	1	3	73	0	8	0	1	3	5	4	189

Tabelle 26.

Versuch am 20. Aug. 1913, 9^{20-25} und 9^{40-45}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 24. Es wurde mit einer $^1/_4$stündigen Pause zweimal je 5 Minuten gezählt. In der Pause wurden die Bienen vom Dressurrot gefüttert, natürlich an einem anderen Platz der Grauserie als jenem, wo sich das Rot während des Versuches befand.

Anflugseite.

$Grau_{15}$ 2 4	$Grau_{2}$ 1 0	$Grau_{4}$ 0 0	$Grau_{12}$ 1 1
$Grau_{11}$ 0 0	$Grau_{7}$ 0 0	$Grau_{13}$ 2 2	$Grau_{3}$ 0 0
$Grau_{6}$ 1 4	**Rot_{2}** 21 23	$Grau_{1}$ 2 0	$Grau_{5}$ 3 1
$Grau_{14}$ 2 1	$Grau_{8}$ 1 0	$Grau_{10}$ 0 0	$Grau_{9}$ 1 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**Rot_{2}**
Bienenfrequenz 9^{20-25}	2	1	0	0	3	1	0	1	1	0	0	1	2	2	2	21
„ 9^{40-45}	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	1	2	1	4	23
Summa	2	1	0	0	4	5	0	1	1	0	0	2	4	3	6	44

Tabelle 27.

Versuch am 20. Aug. 1913, 1^{35-40}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 24.

Anflugseite.

$Grau_{11}$ 0	$Grau_{7}$ 0	$Grau_{12}$ 0	$Grau_{14}$ 1
$Grau_{4}$ 0	$Grau_{13}$ 1	$Grau_{3}$ 0	**Rot_{2}** 234
$Grau_{1}$ 1	$Grau_{5}$ 1	$Grau_{15}$ 0	$Grau_{2}$ 2
$Grau_{6}$ 0	$Grau_{9}$ 0	$Grau_{10}$ 0	$Grau_{8}$ 0

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**Rot_{2}**
Bienenfrequenz	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	234

Tabelle 28.

Versuch am 20. Aug. 1913, 3^{30-40}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 24.

Anflugseite.

$Grau_6$ 3 0	$Grau_{15}$ 5 7	$Grau_2$ 0 0	$Grau_{10}$ 0 0
$Grau_5$ 1 0	$Grau_1$ 0 0	$Grau_9$ 1 1	$Grau_8$ 1 1
$Grau_{11}$ 1 0	**Rot_2** 55 47	$Grau_3$ 2 0	$Grau_{12}$ 2 0
$Grau_{14}$ 0 1	$Grau_7$ 0 0	$Grau_4$ 0 0	$Grau_{13}$ 1 0

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**Rot_2**
Bienenfrequenz in den																
ersten 5 Min.	0	0	2	0	1	3	0	1	1	0	1	2	1	0	5	55
zweiten 5 „	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	7	47
Summa	0	0	2	0	1	3	0	2	2	0	1	2	1	1	12	102

Tabelle 29.

Versuch am 20. Aug. 1913, 5^{05-10} und 5^{15-20}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 24. Es wurden die Bienen zweimal 5 Minuten lang gezählt, mit einer Pause von 5 Minuten, in welcher an einer abweichenden Stelle auf der Dressurfarbe gefüttert wurde.

Anflugseite.

Rot_2 100 102	$Grau_1$ 0 0	$Grau_8$ 1 0	$Grau_9$ 0 3
$Grau_4$ 10 0	$Grau_7$ 0 1	$Grau_{11}$ 4 1	$Grau_{14}$ 0 0
$Grau_{13}$ 11 12	$Grau_2$ 1 0	$Grau_{15}$ 95 8	$Grau_3$ 6 2
$Grau_6$ 1 0	$Grau_{12}$ 3 1	$Grau_5$ 10 0	$Grau_{10}$ 3 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**Rot$_2$**
Bienenfrequenz 5^{05-10}	0	1	6	10	10	1	0	1	0	3	4	3	11	0	95	100
„ 5^{15-20}	0	0	2	0	0	0	1	0	3	0	1	1	12	0	8	102
Summa	0	1	8	10	10	1	1	1	3	3	5	4	23	0	103	202

Verwechslungsversuche.

Tabelle 30.

Versuch am 20. Aug. 1913, 1^{45-50}, nach 3tägiger Dressur. — Es wird die ganze Farbenserie aufgelegt. Alle Papiere sind rein und mit leeren, reinen Uhrschälchen beschickt.

Anflugseite.

Grün$_7$ 3	Blau$_{11}$ 0	Gelb$_4$ 20	Purpur$_{16}$ 0
Blau$_{13}$ 0	Blau$_{12}$ 0	Rot$_1$ 0	Grün$_{10}$ 0
Rot$_2$ 8	Purpur$_{15}$ 1	Grün$_9$ 0	Gelb$_5$ 14
Gelb$_6$ 7	Rot$_3$ 173	Blau$_{14}$ 0	Grün$_8$ 2

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	0	8	173	20	14	7	3	2	0	0	0	0	0	0	1	0

Tabelle 31.

Versuch am 20. Aug. 1913, 1^{50}—2^{00}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 30.

Anflugseite.

$Blau_{12}$ 0	$Grün_{7}$ 1	$Blau_{11}$ 0	**Rot_{2}** 2
$Grün_{8}$ 0	$Purpur_{16}$ 0	$Gelb_{5}$ 7	$Grün_{9}$ 0
Rot_{1} 1	$Gelb_{4}$ 146	$Blau_{14}$ 2	Rot_{3} 11
$Blau_{13}$ 0	$Grün_{10}$ 0	$Gelb_{6}$ 2	$Purpur_{15}$ 0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	1	2	11	146	7	2	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0

Dressur auf Orangerot No. 3.

Die Bienen waren vorher auf Weiß dressiert. — Bereits nach 24stündiger Dressur umschwärmten sie, als ihnen ein reines Rot_{3} in der Grauserie vorgelegt wurde, sofort und ausdauernd die Dressurfarbe, und es kam auf ihr wiederholt zur Klumpenbildung. Es war aber eine Nachwirkung der vorangegangenen Weißdressur noch darin zu erkennen, daß auch hellgraue Papiere relativ stark besucht wurden. Eine Wiederholung des Versuches kurze Zeit später hatte denselben Erfolg. Nach 2tägiger Fütterung auf Rot_{3} war die Dressur vollkommen gelungen.

Tabelle 32.

Versuch am 4. Sept. 1913, 2^{20-25}, nach 2tägiger Dressur. — Die aus 15 Nummern bestehende Grauserie und ein Rot No. 3.

Anflugseite.

$Grau_{14}$ 1	$Grau_{2}$ 1	$Grau_{9}$ 3	$Grau_{3}$ 0
$Grau_{12}$ 0	**Rot_{3}** 214	$Grau_{10}$ 4	$Grau_{5}$ 2
$Grau_{7}$ 2	$Grau_{13}$ 0	$Grau_{4}$ 1	$Grau_{11}$ 4
$Grau_{15}$ 2	$Grau_{6}$ 0	$Grau_{8}$ 0	$Grau_{1}$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**Rot_{3}**
Bienenfrequenz	0	1	0	1	2	0	2	0	3	4	4	0	0	1	2	214

Verwechslungsversuche.

Tabelle 33.

Versuch am 4. Sept. 1913, 2^{30-35}, nach 2tägiger Dressur. — Es wird die ganze Farbenserie aufgelegt.

Anflugseite.

$Grün_{8}$ 0	$Purpur_{16}$ 0	$Gelb_{4}$ 240	$Grün_{10}$ 1
$Blau_{14}$ 0	$Gelb_{6}$ 3	$Blau_{12}$ 0	$Purpur_{15}$ 0
$Grün_{7}$ 3	$Grün_{9}$ 0	**Rot_{3}** 2	Rot_{1} 0
Rot_{2} 0	$Blau_{11}$ 0	$Gelb_{5}$ 2	$Blau_{13}$ 0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	0	0	2	240	2	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Tabelle 34.

Versuch am 4. Sept. 1913, 2^{40-45}, nach 2tägiger Dressur. — Die ganze Farbenserie.

Anflugseite.

Rot$_3$ 24	Grün$_8$ 1	Purpur$_{16}$ 0	Grün$_{10}$ 1
Blau$_{14}$ 1	Gelb$_6$ 2	Blau$_{12}$ 4	Purpur$_{15}$ 10
Grün$_7$ 0	Grün$_9$ 0	Rot$_1$ 0	Blau$_{13}$ 2
Rot$_2$ 0	Gelb$_5$ 0	Blau$_{11}$ 0	Gelb$_4$ 21

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	0	0	24	21	0	2	0	1	0	1	0	4	2	1	10	0

Tabelle 35.

Versuch am 4. Sept. 1913, 2^{50-55}, nach 2tägiger Dressur. — Die ganze Farbenserie.

Anflugseite.

Gelb$_6$ 0	Grün$_8$ 0	Purpur$_{16}$ 1	Grün$_{10}$ 0
Blau$_{14}$ 2	**Rot**$_3$ 4	Blau$_{12}$ 0	Gelb$_4$ 98
Grün$_7$ 1	Rot$_1$ 0	Gelb$_5$ 2	Blau$_{13}$ 0
Rot$_2$ 0	Grün$_9$ 0	Blau$_{11}$ 0	Purpur$_{15}$ 0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	0	0	4	98	2	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1

Dressur auf Gelb No. 4.

Erstmalig dressierte Bienen.

Vgl. hierzu die S. 11—14 besprochenen Versuche.

Verwechslungsversuche.

Tabelle 36.

Versuch am 2. Aug. 1912, nach 6tägiger Dressur. — Es wird die aus 30 Nummern bestehende Grauserie und die Farbenserie derart angeordnet, daß zwischen je zwei farbigen Papieren zwei graue zu liegen kommen (vgl. die auf S. 36 wiedergegebene Tabelle). Sämtliche Papiere sind mit reinen, leeren Uhrschälchen beschickt. Um die Anordnung der Papiere auf ein Rechteck zu ergänzen, wird ein mittelgraues Papier (No. 15) dreifach aufgelegt.

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz in den																
ersten 5 Min.	0	0	2	225	17	28	23	0	0	0	0	1	0	0	0	0
zweiten 5 „	0	0	0	173	3	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
dritten 5 „	0	0	1	201	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summa	0	0	3	599	22	36	29	0	0	0	0	1	0	0	0	1

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	15b	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	2
Bienenfrequenz in den																															
ersten 5 Min.	1	6	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	1	0	1	0	0
zweiten 5 „	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
dritten 5 „	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Summa	1	8	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	3	0	0	1	0	0	4	0	3	0	1	0	0

Tabelle 37.

Versuch am 2. Aug. 1912, nach 6tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 36.

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz in den																
ersten 5 Min.	0	0	4	422	8	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1
zweiten 5 „	0	0	8	396	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dritten 5 „	0	0	1	170	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summa	0	0	13	988	12	15	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1

der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	15b	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
enenfrequenz in den																																
ersten 5 Min.	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0
zweiten 5 „	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0
dritten 5 „	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summa	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	1	4	0	0	0	0	2	0	2	0	1	0	1	2	2	0	2	0	0	0

Tabelle 38.

Versuch am 2. Aug. 1912, nach 6tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 36, jedoch wurde das Dressurgelb No. 4 entfernt und durch ein beliebiges graues Blatt (No. 6) ersetzt.

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz in den																
ersten 5 Min.	0	2	4	—	2	15	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zweiten 5 „	0	0	3	—	1	11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dritten 5 „	0	0	8	—	0	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	0	2	15	—	3	37	23	0	0	0	0	0	0	0	0	1

d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	6a	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	15b	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
nenfrequenz in den																																	
rsten 5 Min.	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	8	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	3	1	0	0	0	1	0
weiten 5 „	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0
ritten 5 „	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Summa	0	1	2	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	8	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	3	1	0	3	0	1	0

Dressur auf Gelb No. 5.

Erstmalig dressierte Bienen.

Vgl. hierzu die S. 26 besprochenen Versuche.

Verwechslungsversuche.

Tabelle 39.

Versuch am 30. Juli 1913, 5^{00-10}, nach 3tägiger Dressur. — Alle in dieser Versuchsreihe verwendeten Papiere sind in Glasröhrchen eingeschmolzen. Die Glasröhrchen werden in zwei Reihen übereinander an einem aufrechtstehenden, mit Pergamentpapier überzogenem Brette aufgehängt (vgl. Taf. 2 u. Text S. 25). Alle Röhrchen sind leer und rein. Aus der ersten Tabelle ist ihre Anordnung beim Versuch zu entnehmen, in der zweiten Tabelle sind sie nach der Farbe geordnet.

$Blau_{14}$	$Purpur_{16}$	Rot_3	$Blau_{12}$	$Gelb_6$	$Grün_{10}$	$Grün_8$	Rot_1
7	0	63	7	15	0	10	0
1	1	39	3	26	0	8	1
$Grün_7$	$Grün_9$	$Purpur_{15}$	**$Gelb_5$**	$Blau_{13}$	$Gelb_4$	Rot_2	$Blau_{11}$
1	0	0	56	0	27	2	1
2	1	3	42	0	23	2	6

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	0	2	63	27	56	15	1	10	0	0	1	7	0	7	0	0
zweiten 5 „	1	2	39	23	42	26	2	8	1	0	6	3	0	1	3	1
Summa	1	4	102	50	98	41	3	18	1	0	7	10	0	8	3	1

Tabelle 40.

Versuch am 31. Juli 1913, 1^{45-50}, nach 4tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 39.

$Blau_{11}$	Rot_1	$Blau_{12}$	$Gelb_4$	$Gelb_6$	Rot_3	$Blau_{13}$	$Purpur_{16}$
0	2	0	241	4	0	0	1
$Grün_8$	Rot_2	$Grün_9$	**$Gelb_5$**	$Grün_{10}$	$Grün_7$	$Blau_{14}$	$Purpur_{15}$
2	7	0	165	0	5	0	0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	2	7	0	241	165	4	5	2	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabelle 41.

Versuch am 31. Juli 1913, $4^{00\ 05}$, nach 4tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 39.

$Grün_7$	$Gelb_4$	$Grün_8$	Rot_3	$Grün_{10}$	$Blau_{12}$	$Gelb_6$	$Purpur_{15}$
14	51	1	8	0	0	125	0
Rot_2	$Grün_9$	$Blau_{13}$	$Blau_{11}$	$Purpur_{16}$	**$Gelb_5$**	$Blau_{14}$	Rot_1
0	0	0	1	0	116	0	6

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	6	0	8	51	116	125	14	1	0	0	1	0	0	0	0	0

Tabelle 42.

Versuch am 31. Juli 1913, 5^{00-10}, nach 4tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 39.

Rot_2	$Grün_9$	$Blau_{13}$	**$Gelb_5$**	$Blau_{11}$	$Purpur_{15}$	Rot_3	$Blau_{14}$
0	0	0	7	0	0	3	2
0	0	0	73	0	0	0	3
$Grün_8$	$Purpur_{16}$	$Gelb_6$	Rot_1	$Blau_{12}$	$Gelb_4$	$Grün_{10}$	$Grün_7$
0	0	2	0	0	15	1	109
0	0	13	0	0	0	1	103

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz in den																
ersten 5 Min.	0	0	3	15	7	2	109	0	0	1	0	0	0	2	0	0
zweiten 5 „	0	0	0	0	73	13	103	0	0	1	0	0	0	3	0	0
Summa	0	0	3	15	80	15	212	0	0	2	0	0	0	5	0	0

Tabelle 43.

Versuch am 1. Aug. 1913, 1^{45-55}, nach 5tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 39.

$Blau_{12}$	$Grün_7$	$Purpur_{15}$	Rot_3	$Blau_{14}$	Rot_1	$Blau_{13}$	$Grün_8$
0	23	0	14	0	0	0	6
0	18	0	4	1	0	0	3
$Grün_{10}$	$Purpur_{16}$	$Grün_9$	$Blau_{11}$	**$Gelb_5$**	$Gelb_4$	Rot_2	$Gelb_6$
0	0	0	2	305	53	3	41
0	0	0	0	98	65	0	47

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz in den																
ersten 5 Min.	0	3	14	53	305	41	23	6	0	0	2	0	0	0	0	0
zweiten 5 „	0	0	4	65	98	47	18	3	0	0	0	0	0	1	0	0
Summa	0	3	18	118	403	88	41	9	0	0	2	0	0	1	0	0

Dressur auf Gelbgrün No. 7.

Die aus 15 Nummern bestehende Grauserie und ein Gelbgrün No. 7. Erstmalig dressierte Bienen. — 24 Stunden nach Beginn der Dressur wurde eine reine Grauserie und ein reines $Grün_7$ aufgelegt. Die Dressurfarbe wurde sofort umschwärmt und es setzten sich binnen 5 Minuten auf das Dressurpapier 437, auf die 15 grauen Papiere insgesamt 16 Bienen.

Tabelle 44.

Versuch am 31. Juli 1913, 11^{55}—12^{00}, nach 3tägiger Dressur. — Die aus 15 Nummern bestehende Grauserie und ein Grün No. 7.

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Grün_7$**
Bienenfrequenz	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14

Bei diesem Versuche waren sehr wenige Bienen anwesend.

Tabelle 45.

Versuch am 31. Juli 1913, 12^{05-10}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 44. Jetzt sind die Bienen zahlreich.

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Grün_7$**
Bienenfrequenz	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	290

Verwechslungsversuche.

Tabelle 46.

Versuch am 30. Juli 1913, 10^{15-25}, nach 2tägiger Dressur. — Es wird die Farbenserie aufgelegt.

Anflugseite.

Rot_3 0	$Grün_8$ 1	Rot_1 0	$Purpur_{15}$ 0
$Grün_9$ 1	$Blau_{11}$ 2	$Gelb_4$ 22	**$Grün_7$** 0
$Blau_{14}$ 0	$Gelb_5$ 111	$Grün_{10}$ 4	$Blau_{12}$ 6
Rot_2 2	$Blau_{13}$ 0	$Gelb_6$ 0	$Purpur_{16}$ 1

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	0	2	0	22	111	0	0	2	1	4	2	6	0	0	0	1

Tabelle 47.

Versuch am 30. Juli 1913, 4^{00-10}, nach 2tägiger Dressur. — Es wird die Farbenserie aufgelegt.

Anflugseite.

$Blau_{13}$ 1 1	Rot_1 1 0	$Purpur_{15}$ 0 0	$Gelb_4$ 1 6
$Grün_7$ 2 3	$Gelb_5$ 62 38	$Grün_{10}$ 0 0	$Blau_{14}$ 0 0
Rot_3 1 2	$Purpur_{16}$ 0 0	$Gelb_6$ 3 5	Rot_2 1 0
$Grün_9$ 0 2	$Blau_{11}$ 0 1	$Grün_8$ 1 0	$Blau_{12}$ 3 1

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz in den																
ersten 5 Min.	1	1	1	1	62	3	2	1	0	0	0	3	1	0	0	0
zweiten 5 „	0	0	2	6	38	5	3	0	2	0	1	1	1	0	0	0
Summa	1	1	3	7	100	8	5	1	2	0	1	4	2	0	0	0

Tabelle 48.

Versuch am 31. Juli 1913, 11^{45-50}, nach 3tägiger Dressur. — Es wird die Farbenserie aufgelegt.

Anflugseite.

$Grün_7$ 0	$Purpur_{16}$ 0	$Gelb_6$ 1	$Grün_{10}$ 0
Rot_3 0	$Grün_9$ 0	$Blau_{12}$ 0	$Blau_{14}$ 0
$Blau_{11}$ 0	Rot_1 2	$Gelb_5$ 304	Rot_2 0
$Blau_{13}$ 0	$Grün_8$ 1	$Purpur_{15}$ 0	$Gelb_4$ 3

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	2	0	0	3	304	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Am 14. Sept. 1913 nahm ich die Versuche an von neuem dressierten Bienen (sie waren vorher auf die S. 77 abgebildeten, blaugelb gemusterten Schablonen dressiert worden) nochmals auf und zwar in der Weise, daß die Papiere der Farbenserie in häufig veränderter Anordnung abwechselnd unbedeckt und mit einer Glasplatte bedeckt den Bienen vorgesetzt wurden. In beiden Fällen benahmen sich die Bienen völlig gleich (4 Versuche ohne, 3 mit Glasplatte). Da nicht genügend viele Mitarbeiter anwesend waren, um die Bienenfrequenz für alle Papiere genau festzustellen, be-

schränke ich mich auf die Angabe, daß am stärksten das Gelb No. 5 besucht wurde, ebenfalls sehr stark das Gelb No. 4, schwächer, jedoch auch noch in beträchtlicher Zahl, Gelbgrün No. 7 und Orangerot No. 3, wogegen die blauen, rein roten und purpurroten Papiere nicht beachtet wurden.

Dressur auf „Grasgrün“ (vgl. Taf. 5).

Die Bienen waren vorher erfolglos auf Grün No. 10 dressiert worden.

Tabelle 49.

Versuch am 3. Aug. 1913, 2^{05-10}, nach 1tägiger Dressur. — Ein reines Grasgrün und die aus 15 Nummern bestehende Grauserie.

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Grün
Bienenfrequenz	1	4	1	0	0	1	3	0	1	11	0	0	4	1	8	357

Tabelle 50.

Versuch am 5. Aug. 1913, 2^{00-05}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 49.

Anflugseite.

$Grau_4$ 1	**Grün** 406	$Grau_5$ 1	$Grau_{14}$ 1
$Grau_7$ 2	$Grau_1$ 5	$Grau_{10}$ 0	$Grau_2$ 0
$Grau_{12}$ 2	$Grau_{13}$ 4	$Grau_3$ 1	$Grau_6$ 2
$Grau_{11}$ 4	$Grau_9$ 4	$Grau_{15}$ 6	$Grau_8$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Grün
Bienenfrequenz	5	0	1	1	1	2	2	0	4	0	4	2	4	1	6	406

Verwechslungsversuche.

Tabelle 51.

Versuch am 3. Aug. 1913, 2^{20-30}, nach 1tägiger Dressur. — Es wird die ganze Farbenserie aufgelegt, statt des Purpur No. 15 ein „Grasgrün".

Anflugseite.

Rot_2 0 0	$Gelb_4$ 43 16	$Blau_{13}$ 0 5	$Grün_8$ 4 7
$Grün_9$ 0 0	**Grasgrün** 10 50	$Blau_{11}$ 4 8	$Grün_7$ 8 19
$Purpur_{16}$ 2 0	Rot_3 0 4	$Gelb_5$ 87 69	Rot_1 0 0
$Gelb_6$ 66 62	$Grün_{10}$ 9 3	$Blau_{14}$ 0 1	$Blau_{12}$ 1 2

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	Grasgrün	8	9	10	11	12	13	14	16
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	0	0	0	43	87	66	8	10	4	0	9	4	1	0	0	2
zweiten 5 „	0	0	4	16	69	62	19	50	7	0	3	8	2	5	1	0
Summa	0	0	4	59	156	128	27	60	11	0	12	12	3	5	1	2

Tabelle 52.

Versuch am 4. Aug. 1913, 2^{00-10}, nach 2tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 51.

Anflugseite.

Rot_1 3 1	$Blau_{12}$ 0 0	**Grasgrün** 7 12	Rot_3 5 3
$Gelb_4$ 42 33	$Grün_8$ 0 0	$Grün_7$ 3 1	$Blau_{11}$ 1 0
$Grün_{10}$ 6 1	Rot_2 5 49	$Grün_9$ 2 5	$Blau_{13}$ 3 3
$Blau_{14}$ 1 0	$Gelb_5$ 101 89	$Purpur_{16}$ 4 0	$Gelb_6$ 3 2

	Rot			Gelb			Grün					Blau				Purpur
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	Grasgrün	8	9	10	11	12	13	14	16
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	3	5	5	42	101	3	3	7	0	2	6	1	0	3	1	4
zweiten 5 „	1	49	3	33	89	2	1	12	0	5	1	0	0	3	0	0
Summa	4	54	8	75	190	5	4	19	0	7	7	1	0	6	1	4

Tabelle 53.

Versuch am 5. Aug. 1913, 10^{00-05}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 51.

Anflugseite.

$Gelb_4$ 71	$Blau_{14}$ 63 [1])	$Grün_8$ 0	Rot_2 1
Rot_1 0	$Grün_7$ 11	$Blau_{12}$ 5	$Grün_{10}$ 1
$Blau_{13}$ 0	**Grasgrün** 41	$Purpur_{16}$ 5	$Gelb_5$ 3
$Gelb_6$ 16	$Grün_{11}$ 8	Rot_3 0	$Grün_9$ 3

	Rot			Gelb			Grün					Blau				Purpur
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	Grasgrün	8	9	10	11	12	13	14	16
Bienenfrequenz	0	1	0	71	3	16	11	41	0	3	1	8	5	0	63 [1])	5

1) Plötzliche Klumpenbildung gegen Ende des Versuches aus unbekanntem Grunde.

Tabelle 54.

Versuch am 5. Aug. 1913, 11^{30-40}, nach 3tätiger Dressur. — Wie bei Tab. 51.

Anflugseite.

Rot_1 2 5	$Blau_{11}$ 1 1	$Blau_{13}$ 0 0	$Gelb_6$ 9 82
$Grün_9$ 0 3	$Blau_{14}$ 2 0	$Grün_7$ 143 183	$Grün_{10}$ 0 0
Rot_3 95 34	**Gras-grün** 31 51	$Gelb_4$ 143 217	Rot_2 0 0
$Purpur_{16}$ 3 2	$Gelb_5$ 30 36	$Blau_{12}$ 0 0	$Grün_8$ 0 0

	Rot			Gelb			Grün					Blau				Purpur
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	Gras-grün	8	9	10	11	12	13	14	16
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	2	0	95	143	30	9	143	31	0	0	0	1	0	0	2	3
zweiten 5 „	5	0	34	217	36	82	183	51	0	3	0	1	0	0	0	2
Summa	7	0	129	360	66	91	326	82	0	3	0	2	0	0	2	5

Tabelle 55.

Versuch am 5. Aug. 1913, 2^{10-20}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 51.

Anflugseite.

$Gelb_6$ 103 65	Rot_2 8 99	$Blau_{14}$ 0 0	$Grün_{10}$ 0 1
$Grün_7$ 23 13	$Blau_{11}$ 38 0	$Grün_9$ 2 2	**Gras-grün** 33 9
$Blau_{13}$ 2 6	$Grün_8$ 1 1	$Blau_{12}$ 8 2	$Gelb_4$ 209 129
Rot_1 2 1	$Gelb_5$ 101 40	$Purpur_{16}$ 0 0	Rot_3 5 5

	Rot			Gelb			Grün					Blau				Purpur
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	Grasgrün	8	9	10	11	12	13	14	16
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	2	8	5	209	101	103	23	33	1	2	0	38	8	2	0	0
zweiten 5 „	1	99	5	129	40	65	13	9	1	2	1	0	2	6	0	0
Summa	3	107	10	338	141	168	36	42	2	4	1	38	10	8	0	0

Dressur auf Chlorophyllfarbstoff.

Weiße Papierblätter, wie die übrigen Papiere auf Karton aufgezogen, wurden mit Chlorophyllfarbstoff, der durch Äther aus Blättern von *Urtica urens* extrahiert worden war, möglichst gleichmäßig grün gefärbt. Die Bienen wurden am 26. Sept. 1913 von $^1/_2$10 Uhr ab von einem derart grün gefärbten, unter die Grauserie gemischtem Blatte gefüttert. — Erstmalig dressierte Tiere.

Bei der vorgeschritten Jahreszeit kommen nur wenige Bienen (ca. 40—50 Individuen) an den Futterplatz und so kann ununterbrochen gefüttert werden, ohne Gefahr, daß die Zahl der Bienen zu sehr überhand nimmt. Auf diese Weise sind sie schon nach 2 Stunden so weit dressiert, daß sie ein reines, in gleicher Art grün gefärbtes, mit einem leeren, reinen Uhrschälchen beschicktes Papier aus der Grauserie mit Sicherheit herausfinden.

Verwechslungsversuche.

Tabelle 56.

Versuch am 26. Sept. 1913, 11^{37-42}, am 1. Tage der Dressur. — Es wird die ganze Farbenserie aufgelegt, in welcher jedoch statt des Blau No. 11 ein mit Chlorophyllfarbstoff grün gefärbtes Blatt eingefügt ist.

Anflugseite.

$Blau_{13}$ 0	$Gelb_6$ Kl.[1])	$Blau_{12}$ 3	Rot_3 0
Rot_2 1	$Grün_9$ 0	Rot_1 0	$Grün_8$ 0
Chlorophyll 14	$Purpur_{15}$ 0	$Grün_{10}$ 0	$Gelb_5$ 16
$Purpur_{16}$ 1	$Grün_7$ 2	$Gelb_4$ 19	$Blau_{14}$ 0

[1]) Hier entstand ein größerer Bienenklumpen, der von dem Beobachter nicht gezählt werden konnte.

	Rot			Gelb			Grün					Blau			Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	Chloro-phyll	8	9	10	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	0	1	0	19	16	Kl.[1])	2	14	0	0	0	3	0	0	0	1

1) Hier entstand ein größerer Bienenklumpen, der von dem Beobachter nicht gezählt werden konnte.

Tabelle 57.

Versuch am 26. Sept. 1913, 12^{00-05}, am 1. Tage der Dressur. — Wie bei Tab. 56, auch liegt die Farbenserie in der gleichen Anordnung, jedoch wird über die ganze Farbenserie eine große, reine Glasplatte gedeckt und auf diese werden die leeren, reinen Uhrschälchen gesetzt.

Anflugseite.

$Blau_{13}$ 1	$Gelb_6$ 7	$Blau_{12}$ 1	Rot_3 6
Rot_2 0	$Grün_9$ 0	Rot_1 0	$Grün_8$ 0
Chloro-phyll 2	$Purpur_{15}$ 0	$Grün_{10}$ 2	$Gelb_5$ ca. 100
$Purpur_{16}$ 0	$Grün_7$ 5	$Gelb_4$ 7	$Blau_{14}$ 0

	Rot			Gelb			Grün					Blau			Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	Chloro-phyll	8	9	10	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	0	0	6	7	ca. 100	7	5	2	0	0	2	1	1	0	0	0

Tabelle 58.

Versuch am 26. Sept. 1913, 1^{40-45}, am 1. Tage der Dressur. — Wie bei Tab. 56.

Anflugseite.

$Grün_{10}$ 1	$Blau_{14}$ 0	$Grün_{8}$ 2	$Gelb_{6}$ 1
Rot_{2} 0	$Gelb_{4}$ 8	$Purpur_{16}$ 1	$Blau_{12}$ 0
Rot_{3} 2	Rot_{1} 2	**Chloro-phyll** 8	$Gelb_{5}$ 4
$Purpur_{15}$ 0	$Grün_{7}$ 32	$Blau_{13}$ 0	$Grün_{9}$ 2

	Rot			Gelb			Grün					Blau			Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	Chloro-phyll	8	9	10	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	2	0	2	8	4	1	32	8	2	2	1	0	0	0	0	1

Tabelle 59.

Versuch am 26. Sept. 1913, 1^{55}—2^{00}, am 1. Tage der Dressur — Wie bei Tab. 57 (Glasplatte).

Anflugseite.

$Grün_{10}$ 0	$Blau_{14}$ 0	$Grün_{8}$ 0	$Gelb_{6}$ 5
Rot_{2} 1	$Gelb_{4}$ 7	$Purpur_{16}$ 0	$Blau_{12}$ 2
Rot_{3} 0	Rot_{1} 0	**Chloro-phyll** 3	$Gelb_{5}$ 60
$Purpur_{15}$ 0	$Grün_{7}$ 8	$Blau_{13}$ 0	$Grün_{9}$ 0

	Rot			Gelb			Grün					Blau			Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	Chloro-phyll	8	9	10	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	0	1	0	7	60	5	8	3	0	0	0	2	0	0	0	0

Dressur auf Grün No. 9.

Die Bienen waren vorher auf Purpurrot No. 15 dressiert.

Tabelle 60.

Versuch am 29. Aug. 1912, 11^{30-45}, nach 2tägiger Dressur. — Ein reines $Grün_9$ in der aus 30 Nummern bestehenden Grauserie. Zur Ergänzung der Anordnung auf ein Rechteck ist ein mittelgraues Papier (No. 15) doppelt aufgelegt.

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	6
Bienenfrequenz in den																																
ersten 5 Min.	0	4	5	4	1	3	0	2	2	0	1	4	4	6	1	1	4	14	2	4	5	0	0	3	3	2	1	4	8	4	1	
zweiten 5 „	1	1	3	1	3	1	1	3	2	0	1	3	3	4	2	0	0	5	3	1	4	3	2	6	2	4	0	0	2	4	4	
dritten 5 „	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	3	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	2	1	0	1	
Summa	1	5	9	5	4	4	2	5	4	0	2	8	7	13	3	2	5	20	5	5	10	4	2	9	5	7	2	6	11	8	6	

Tabelle 61.

Versuch am 30. Aug. 1912, 9^{30-45}, nach 3tätiger Dressur. — Wie bei Tab. 60.

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	6
Bienenfrequenz in den																																
ersten 5 Min.	2	4	1	1	1	0	2	1	0	2	1	2	4	3	0	8	1	9	0	8	0	6	0	0	1	0	6	5	5	5	2	
zweiten 5 „	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	3	3	0	2	0	2	1	3	1	2	4	1	0	0	0	1	6	0	1	1	4	
dritten 5 „	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	0	2	1	0	1	0	3	1	0	0	0	0	4	0	2	0	1	
Summa	3	4	1	2	1	2	3	1	1	2	4	7	4	6	0	12	3	12	2	10	7	8	0	0	1	1	16	5	8	6	7	

Im Sommer 1913 nahm ich diese Versuche nochmals auf. Die Bienen waren vorher auf Schwarz dressiert.

Tabelle 62.

Versuch am 19. Aug. 1913, 10^{25-30}, nach 2tägiger Dressur. — Ein Grün No. 9 in der aus 15 Nummern bestehenden Grauserie.

Anflugseite.

$Grau_{12}$ 5	$Grau_{7}$ 0	**$Grün_{9}$** 141	$Grau_{14}$ 20
$Grau_{3}$ 5	$Grau_{13}$ 2	$Grau_{8}$ 3	$Grau_{10}$ 1
$Grau_{9}$ 0	$Grau_{2}$ 1	$Grau_{6}$ 0	$Grau_{15}$ 90
$Grau_{11}$ 0	$Grau_{5}$ 1	$Grau_{15}$ 0	$Grau_{4}$ 4

No. d. Grauserie	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	**$Grün_{9}$**
Bienenfrequenz	1	5	4	1	0	0	3	0	1	0	5	2	20	90	0	141

NB. Aus Versehen war bei diesem Versuche statt $Grau_{1}$ ein zweites $Grau_{15}$ aufgelegt worden.

Die Bevorzugung der dunkelgrauen Papiere vor den helleren in diesem und den nächstfolgenden Versuchen ist als eine Nachwirkung der vorangegangenen Schwarzdressur aufzufassen.

Tabelle 63.

Versuch am 19. Aug. 1913, 6^{00}—^{05}, nach 2tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 62.

Anflugseite.

$Grau_{5}$ 5	$Grau_{9}$ 1	$Grau_{15}$ 79	$Grau_{7}$ 2
$Grau_{10}$ 0	$Grau_{1}$ 0	**$Grün_{9}$** 9	$Grau_{2}$ 0
$Grau_{14}$ 2	$Grau_{8}$ 0	$Grau_{12}$ 1	$Grau_{4}$ 0
$Grau_{6}$ 2	$Grau_{11}$ 45	$Grau_{3}$ 2	$Grau_{13}$ 4

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**Grün**$_9$
Bienenfrequenz	0	0	2	0	5	2	2	0	1	0	45	1	4	2	79	9

Tabelle 64.

Versuch am 20. Aug. 1913, 9^{05-10}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 62.

Anflugseite.

Grau$_9$ 2	Grau$_{12}$ 9	Grau$_{13}$ 4	Grau$_3$ 0
Grau$_2$ 0	Grau$_{15}$ 48	Grau$_7$ 1	Grau$_{11}$ 0
Grau$_{14}$ 1	Grau$_8$ 4	**Grün**$_9$ 13	Grau$_6$ 1
Grau$_5$ 0	Grau$_4$ 0	Grau$_1$ 0	Grau$_{10}$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**Grün**$_9$
Bienenfrequenz	0	0	0	0	0	1	1	4	2	0	0	9	4	1	48	13

Tabelle 65.

Versuch am 20. Aug. 1913, 3^{15-20}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 62.

Anflugseite.

Grau$_{11}$ 8	Grau$_3$ 1	Grau$_{13}$ 19	Grau$_4$ 5
Grau$_{12}$ 36	**Grün**$_9$ 151	Grau$_7$ 11	Grau$_{14}$ 22
Grau$_2$ 0	Grau$_5$ 1	Grau$_{10}$ 3	Grau$_8$ 8
Grau$_6$ 0	Grau$_{15}$ 2	Grau$_9$ 1	Grau$_1$ 3

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**Grün$_9$**
Bienenfrequenz	3	0	1	5	1	0	11	8	1	3	8	36	19	22	2	151

Tabelle 66.

Versuch am 21. Aug. 1913, 4^{10-15} und 4^{20-25}, nach 4tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 62; zwischen der ersten und zweiten Zählung wurden die Bienen auf der Dressurfarbe gefüttert.

Anflugseite.

Grau$_{14}$ 0 0	Grau$_{11}$ 1 0	Grau$_8$ 1 3	Grau$_1$ 2 0
Grau$_3$ 0 0	**Grün$_9$** 28 14	Grau$_9$ 0 0	Grau$_{15}$ 6 3
Grau$_4$ 0 1	Grau$_7$ 1 0	Grau$_{10}$ 0 0	Grau$_5$ 2 7
Grau$_6$ 2 0	Grau$_{12}$ 1 16	Grau$_{13}$ 0 0	Grau$_2$ 0 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**Grün$_9$**
Bienenfrequenz 4^{10-15}	2	0	0	0	2	2	1	1	0	0	1	1	0	0	6	28
„ 4^{20-25}	0	0	0	1	7	0	0	3	0	0	0	16	0	0	3	14
Summa	2	0	0	1	9	2	1	4	0	0	1	17	0	0	9	42

Tabelle 67.

Versuch am 21. Aug. 1913, 5^{55}—6^{00}, nach 4tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 62.

Anflugseite.

$Grau_1$ 2	$Grau_{11}$ 3	$Grau_{14}$ 2	$Grau_3$ 1
$Grau_9$ 60	$Grau_{15}$ 5	$Grau_8$ 0	**$Grün_9$** 5
$Grau_5$ 0	$Grau_4$ 0	$Grau_7$ 0	$Grau_{10}$ 49
$Grau_2$ 0	$Grau_{13}$ 0	$Grau_{12}$ 0	$Grau_6$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Grün_9$**
Bienenfrequenz	2	0	1	0	0	0	0	0	60	49	3	0	0	2	5	5

Tabelle 68.

Versuch am 22. Aug. 1913, 9^{20-25}, nach 5tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 62.

Anflugseite.

$Grau_{14}$ 10	$Grau_1$ 1	$Grau_{12}$ 17	$Grau_{10}$ 2
$Grau_{11}$ 3	**$Grün_9$** 212	$Grau_7$ 0	$Grau_8$ 1
$Grau_6$ 1	$Grau_3$ 2	$Grau_2$ 0	$Grau_{13}$ 0
$Grau_{15}$ 9	$Grau_9$ 2	$Grau_4$ 0	$Grau_5$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Grün_9$**
Bienenfrequenz	1	0	2	0	0	1	0	1	2	2	3	17	0	10	9	212

Dressur auf Grün No. 10.

Erstmalig dressierte Bienen.

Versuch am 29. Juli 1913, 4^{15-20}, nach 2tägiger Dressur. — Ein reines Grün No. 10 in der aus 15 Nummern bestehenden Grauserie. Es setzt sich während der ganzen Dauer des Versuches auf keines der Papiere eine Biene. Die Tiere schwärmen ziellos über dem Versuchstische umher.

Versuch am 30. Juli 1913, 5^{30-35}, nach 3tägiger Dressur. — Anordnung wie oben.

Während der 5 Minuten setzen sich nur 7 Bienen, und zwar auf 6 verschiedene Nummern der Grauserie (auf eine derselben zwei, auf die übrigen je eine Biene). Kein Tier setzt sich auf die Dressurfarbe.

Tabelle 69.

Versuch am 1. Aug. 1913, 3^{45-50}, nach 5tägiger Dressur. — Ein $Grün_{10}$ in der aus 15 Nummern bestehenden Grauserie.

Anflugseite.

$Grau_7$ 2	$Grau_9$ 0	$Grau_{14}$ 0	$Grau_3$ 1
$Grau_{11}$ 0	$Grau_6$ 0	$Grau_{12}$ 0	$Grau_{15}$ 2
$Grau_5$ 2	$Grau_4$ 13	$Grau_{10}$ 93	$Grau_1$ 2
$Grau_{13}$ 0	$Grau_2$ 1	**$Grün_{10}$** 0	$Grau_8$ 1

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Grün_{10}$**
Bienenfrequenz	2	1	1	13	2	0	2	1	0	93	0	0	0	0	2	0

Tabelle 70.

Versuch am 1. Aug. 1913, 5^{15-20}, nach 5tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 69.

Anflugseite.

$Grau_4$ 0	$Grau_{10}$ 0	$Grau_1$ 0	$Grau_{13}$ 1
$Grau_5$ 0	$Grau_{15}$ 0	**$Grün_{10}$** 1	$Grau_{11}$ 1
$Grau_7$ 0	$Grau_9$ 0	$Grau_{14}$ 0	$Grau_3$ 0
$Grau_2$ 1	$Grau_8$ 1	$Grau_{12}$ 4	$Grau_6$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Grün_{10}$**
Bienenfrequenz	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	4	1	0	0	1

Tabelle 71.

Versuch am 2. Aug. 1913, 9^{30-40}, nach 6tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 69.

Anflugseite.

$Grau_6$ 1 2	$Grau_{12}$ 0 3	$Grau_8$ 78 15	$Grau_2$ 1 1
$Grau_3$ 0 3	$Grau_{14}$ 2 9	$Grau_9$ 1 0	$Grau_7$ 14 17
$Grau_{11}$ 0 10	$Grau_{15}$ 135 37	$Grau_5$ 1 10	$Grau_{13}$ 3 1
$Grau_1$ 0 1	**$Grün_{10}$** 8 92	$Grau_{10}$ 1 8	$Grau_4$ 2 3

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Grün_{10}$**
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	0	1	0	2	1	1	14	78	1	1	0	0	3	2	135	8
zweiten 5 „	1	1	3	3	10	2	17	15	0	8	10	3	1	9	37	92
Summa	1	2	3	5	11	3	31	93	1	9	10	3	4	11	172	100

Dressur auf Blaugrün No. 11.

Die Bienen waren vorher auf Rot No. 2 dressiert.

Tabelle 72.

Versuch am 22. Aug. 1913, 11^{20-25}, nach 1tägiger Dressur. — Ein Blau No. 11 in der aus 15 Nummern bestehenden Grauserie.

Anflugseite.

$Grau_{15}$ 5	$Grau_{9}$ 0	$Grau_{6}$ 1	$Grau_{3}$ 0
$Grau_{7}$ 3	**$Blau_{11}$** 3	$Grau_{11}$ 8	$Grau_{10}$ 1
$Grau_{12}$ 2	$Grau_{14}$ 5	$Grau_{1}$ 0	$Grau_{8}$ 3
$Grau_{2}$ 1	$Grau_{13}$ 0	$Grau_{4}$ 0	$Grau_{5}$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Blau_{11}$**
Bienenfrequenz	0	1	0	0	0	1	3	3	0	1	8	2	0	5	5	3

Tabelle 73.

Versuch am 24. Aug. 1913, 9^{20-26}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 72.

Anflugseite.

$Grau_{1}$ 15	$Grau_{12}$ 1	$Grau_{2}$ 2	$Grau_{14}$ 2
$Grau_{7}$ 1	$Grau_{13}$ 5	$Grau_{9}$ 1	$Grau_{11}$ 0
$Grau_{5}$ 3	**$Blau_{11}$** 181	$Grau_{10}$ 0	$Grau_{4}$ 0
$Grau_{8}$ 1	$Grau_{3}$ 0	$Grau_{15}$ 1	$Grau_{6}$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Blau_{11}$**
Bienenfrequenz	15	2	0	0	3	0	1	1	1	0	0	1	5	2	1	181

In den ersten 2 Minuten flogen die Bienen ganz ziellos umher; dann entwickelte sich auf dem $Grau_1$ ein kleiner, sich rasch wieder auflösender Bienenklumpen, hierauf auf dem Blaugrün ein großer.

Tabelle 74.

Versuch am 24. Aug. 1913, 9^{30-40}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 72.

Anflugseite.

$Grau_1$ 0 53	$Grau_{12}$ 0 3	$Grau_2$ 0 0	$Grau_{14}$ 0 4
$Grau_7$ 0 16	$Grau_{13}$ 0 6	**$Blau_{11}$** 0 3	$Grau_{11}$ 0 0
$Grau_5$ 2 1	$Grau_9$ 0 0	$Grau_{10}$ 0 0	$Grau_4$ 0 3
$Grau_8$ 0 2	$Grau_3$ 0 0	$Grau_{15}$ 0 0	$Grau_6$ 1 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Blau_{11}$**
Bienenfrequenz in den																
ersten 5 Min.	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zweiten 5 „	53	0	0	3	1	0	16	2	0	0	0	3	6	4	0	3
Summa	53	0	0	3	3	1	16	2	0	0	0	3	6	4	0	3

Tabelle 75.

Versuch am 27. Aug. 1913, nach 6tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 72.

$Grau_{7}$ 1	$Grau_{14}$ 12	$Grau_{6}$ 82	$Grau_{15}$ 16
$Grau_{9}$ 4	$Grau_{10}$ 2	**$Blau_{11}$** 2	$Grau_{8}$ 3
$Grau_{11}$ 18	$Grau_{3}$ 4	$Grau_{13}$ 6	$Grau_{4}$ 5
$Grau_{2}$ 1	$Grau_{12}$ 7	$Grau_{1}$ 1	$Grau_{5}$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Blau_{11}$**
Bienenfrequenz in 5 Min.	1	1	4	5	0	82	1	3	4	2	18	7	6	12	16	2

Tabelle 76.

Versuch am 27. Aug. 1913, nach 6tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 72.

$Grau_{7}$ 2	$Grau_{14}$ 68	$Grau_{6}$ 322	$Grau_{15}$ 5
$Grau_{9}$ 0	$Grau_{10}$ 0	$Grau_{1}$ 0	$Grau_{8}$ 1
$Grau_{11}$ 13	$Grau_{3}$ 10	$Grau_{13}$ 6	$Grau_{4}$ 0
$Grau_{2}$ 1	$Grau_{12}$ 4	**$Blau_{11}$** 8	$Grau_{5}$ 6

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Blau_{11}$**
Bienenfrequenz in 5 Min.	0	1	10	0	6	322	2	1	0	0	13	4	6	68	5	8

Tabelle 77.

Versuch am 28. Aug. 1913, nach 7tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 72.

$Grau_2$ 0	$Grau_{12}$ 2	$Grau_{11}$ 0	$Grau_3$ 0
$Grau_4$ 1	$Grau_{13}$ 1	$Grau_5$ 2	**$Blau_{11}$** 6
$Grau_9$ 158	$Grau_{10}$ 6	$Grau_1$ 9	$Grau_8$ 3
$Grau_{14}$ 1	$Grau_7$ 6	$Grau_6$ 215	$Grau_{15}$ 7

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Blau_{11}$**
Bienenfrequenz in 5 Min.	9	0	0	1	2	215	6	3	158	6	0	2	1	1	7	6

Tabelle 78.

Versuch am 31. Aug. 1913, 10^{15-20}, nach 10tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 72.

Anflugseite.

$Grau_7$ 0	$Grau_1$ 0	$Grau_8$ 40	$Grau_6$ 0
$Blau_{11}$ 89	$Grau_9$ 0	$Grau_{10}$ 2	$Grau_{14}$ 0
$Grau_3$ 7	$Grau_{13}$ 5	$Grau_4$ 2	$Grau_5$ 2
$Grau_{15}$ 7	$Grau_2$ 3	$Grau_{12}$ 0	$Grau_{11}$ 5

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Blau_{11}$**
Bienenfrequenz	0	3	7	2	2	0	0	40	0	2	5	0	5	0	7	89

Die Bienen schwärmten ziellos über dem Tische herum, erst nach ca. 3 Minuten entstand der Klumpen auf dem $Blau_{11}$.

Tabelle 79.

Versuch am 31. Aug. 1913, 10^{25-30}, nach 10tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 72.

Anflugseite.

$Grau_7$ 2	$Grau_1$ 2	$Grau_8$ 2	$Grau_6$ 28
$Grau_4$ 60	$Grau_9$ 0	$Grau_{10}$ 0	$Grau_{14}$ 0
$Grau_3$ 4	$Grau_{13}$ 3	**$Blau_{11}$** 12	$Grau_5$ 0
$Grau_{15}$ 16	$Grau_2$ 1	$Grau_{12}$ 1	$Grau_{11}$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Blau_{11}$**
Bienenfrequenz	2	1	4	60	0	28	2	2	0	0	0	1	3	0	16	12

Tabelle 80.

Versuch am 31. Aug. 1913, 12^{20-25}, nach 10tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 72.

Anflugseite.

$Grau_8$ 1	$Grau_{10}$ 0	$Grau_4$ 1	$Grau_{15}$ 1
$Grau_{13}$ 1	$Grau_6$ 1	$Grau_{12}$ 0	$Grau_1$ 2
$Grau_7$ 4	$Grau_2$ 0	**$Blau_{11}$** 0	$Grau_{14}$ 1
$Grau_{11}$ 40	$Grau_9$ 4	$Grau_3$ 0	$Grau_5$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Blau_{11}$**
Bienenfrequenz	2	0	0	1	0	1	4	1	4	0	40	0	1	1	1	0

Dressur auf Blau No. 12.

Die Bienen waren vorher auf Gelb No. 5 dressiert.

Die Dressur auf Blau No. 12 wird mit den auf S. 25 beschriebenen und abgebildeten Glasröhrchen vorgenommen. Alle bei diesen Versuchen verwendeten grauen und farbigen Papiere sind also in Glasröhrchen eingeschmolzen.

Vgl. hierzu die auf S. 26—27 mitgeteilten Versuche.

Verwechslungsversuche.

Tabelle 81.

Versuch am 6. Aug. 1913, 9^{45-50}, nach 5tägiger Dressur. — Die Röhrchen sind an einem aufrecht stehenden Brette angeordnet, wie es die Figg. 6 u. 7 auf Taf. 2 zeigen. Es wird das Dressurbrett entfernt und ein anderes, gleichartiges, reines Brett, an welchem die 16 Röhrchen der ganzen Farbenserie angebracht sind, an seine Stelle gesetzt.

$Grün_9$	Rot_1	$Grün_8$	$Blau_{13}$	Rot_2	$Gelb_6$	$Blau_{14}$	$Grün_7$
2	1	0	145	5	1	24	3

$Blau_{12}$	Rot_3	$Blau_{11}$	$Gelb_4$	$Gelb_5$	$Purpur_{15}$	$Purpur_{16}$	$Grün_{10}$
121	0	0	6	8	47	0	0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	1	5	0	6	8	1	3	0	2	0	0	121	145	24	47	0

Tabelle 82.

Versuch am 6. Aug. 1913, 2^{30-35}, nach 5tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 81.

Rot_3	**$Blau_{12}$**	$Blau_{11}$	$Grün_8$	$Purpur_{15}$	$Gelb_6$	$Purpur_{16}$	$Grün_7$
16	91	1	0	31	1	0	0

Rot_1	$Grün_9$	$Blau_{14}$	$Gelb_4$	Rot_2	$Gelb_5$	$Blau_{13}$	$Grün_{10}$
6	3	63	0	1	1	106	0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	6	1	16	0	1	1	0	0	3	0	1	91	106	63	31	0

Tabelle 83.

Versuch am 7. August 1913, 8^{15-20}, nach 6tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 81.

$Blau_{14}$	$Purpur_{16}$	$Blau_{11}$	$Blau_{13}$	$Grün_8$	$Gelb_6$	$Grün_{10}$	$Grün_7$
40	6	0	120	2	3	1	1

Rot_1	$Grün_9$	Rot_3	$Gelb_4$	Rot_2	**$Blau_{12}$**	$Gelb_5$	$Purpur_{15}$
3	2	0	2	2	53	0	20

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	3	2	0	2	0	3	1	2	2	1	0	53	120	40	20	6

Tabelle 84.

Versuch am 7. Aug. 1913, 8^{30-40}, nach 6tägiger Dressur. — Nun legte ich diesen auf das blaue Glasröhrchen dressierten Bienen ein nicht mit Glas bedecktes blaues Papier in der aus 15 Nummern bestehenden Grauserie vor, um zu sehen, ob sie auch unter diesen veränderten Bedingungen, trotz der abweichenden Form, Größe und Anordnung der Papiere die Dressurfarbe aufsuchen würden. Dies war der Fall:

Anflugseite.

$Grau_2$ 1 0	$Grau_{15}$ 0 2	$Grau_9$ 1 0	$Grau_{12}$ 2 2
$Grau_8$ 0 0	$Grau_3$ 0 0	**$Blau_{12}$** 88 9	$Grau_{11}$ 0 1
$Grau_{14}$ 0 0	$Grau_{10}$ 0 0	$Grau_{13}$ 0 5	$Grau_4$ 0 1
$Grau_6$ 0 0	$Grau_5$ 0 0	$Grau_1$ 0 0	$Grau_7$ 0 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Blau_{12}$**
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	88
zweiten 5 „	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	5	0	2	9
Summa	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	4	5	0	2	97

Von jetzt ab wurden die Bienen auf dem unbedeckten blauen Papier weiter gefüttert und später noch einige Verwechslungsversuche mit unbedeckten Papieren angestellt:

Tabelle 85.

Versuch am 8. Aug. 1913, 12^{15-20}, nach 7tägiger Dressur (die Röhrchendressur mitgerechnet). — Es wird die Farbenserie aufgelegt.

Anflugseite.

$Purpur_{16}$ 25	$Gelb_6$ 0	$Blau_{13}$ 25	Rot_1 0
$Grün_9$ 1	Rot_3 0	$Grün_8$ 1	Rot_2 1
$Purpur_{15}$ 12	$Grün_7$ 0	$Grün_{10}$ 3	$Blau_{14}$ 22
$Gelb_4$ 0	**$Blau_{12}$** 2	$Gelb_5$ 0	$Blau_{11}$ 1

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	0	1	0	0	0	0	0	1	1	3	1	2	25	22	12	25

Tabelle 86.

Versuch am 8. Aug. 1913, 2^{45-50}, nach 7tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 85.

Anflugseite.

$Gelb_4$ 0	$Blau_{13}$ 3	$Gelb_5$ 0	$Purpur_{16}$ 10
$Purpur_{15}$ 49	$Grün_{10}$ 1	Rot_3 0	$Grün_8$ 1
Rot_1 0	$Blau_{11}$ 0	$Grün_9$ 0	$Blau_{14}$ 4
$Grün_7$ 1	**$Blau_{12}$** 0	Rot_2 0	$Gelb_6$ 1

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	3	4	49	10

Tabelle 87.

Versuch am 9. Aug. 1913, 9^{35-40}, nach 8tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 85.

Anflugseite.

$Purpur_{16}$ 2	$Grün_{7}$ 1	$Gelb_{4}$ 4	$Purpur_{15}$ 52
$Blau_{11}$ 0	**$Blau_{12}$** 9	Rot_{3} 3	$Grün_{8}$ 1
$Blau_{14}$ 2	$Grün_{9}$ 0	$Grün_{10}$ 1	$Blau_{13}$ 60
$Gelb_{6}$ 0	Rot_{2} 0	$Gelb_{5}$ 1	Rot_{1} 0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz	0	0	3	4	1	0	1	1	0	1	0	9	60	2	52	2

Dressur auf Blau No. 13.

Vgl. die auf S. 14—16 geschilderten Versuche, ferner S. 23 ff. Die Bienen waren vorher auf Gelb No. 4 dressiert.

Verwechslungsversuche.

Tabelle 88.

Versuch am 7. Aug. 1912, nach 5tägiger Dressur. — Der „Dressurtisch" wird entfernt und der „Versuchstisch" an seine Stelle

gesetzt, auf welchem die aus 30 Nummern bestehende Grauserie und die Farbenserie derart befestigt sind, daß sich zwischen je zwei farbigen Papieren zwei graue befinden. Zur Ergänzung der Anordnung auf ein Rechteck ist ein mittelgraues Papier (No. 15) dreifach aufgelegt.

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**13**	14	15	16
Bienenfrequenz in den																
ersten 5 Min.	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	5	8	126	43	10
zweiten 5 „	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	3	28	32	95	11
dritten 5 „	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	2	6	48	89	3
Summa	0	0	0	5	0	0	6	0	0	1	0	10	42	206	227	24

o. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	15b	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ienenfrequenz in den																																
ersten 5 Min.	0	0	2	1	1	2	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0
zweiten 5 „	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0
dritten 5 „	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0
Summa	3	0	2	1	2	5	0	0	4	0	0	2	2	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	7	1	0	3	0	0	0	0	0

Tabelle 89.

Versuch am 7. Aug. 1912, nach 5tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 88.

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**13**	14	15	16
Bienenfrequenz in 15 Min.	1	1	0	2	5	1	9	0	0	0	0	14	118	34	69	24

o. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	15b	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ienenfrequenz in 15 Min.	0	0	0	0	1	3	4	2	1	1	0	1	2	2	0	0	0	0	1	3	0	0	0	2	2	0	0	3	0	0	0	2

Tabelle 90.

Versuch am 8. Aug. 1912, nach 6tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 88. Es sind relativ wenig Bienen anwesend.

No. der Farbenserie	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz in den																
ersten 5 Min.	0	0	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0	1	1	36	8
zweiten 5 „	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	33	0
dritten 5 „	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Summa	0	0	0	3	1	1	4	0	0	1	0	1	2	2	70	9

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	15b	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	2
Bienenfrequenz in den																															
ersten 5 Min.	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	
zweiten 5 „	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
dritten 5 „	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Summa	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	

Tabelle 91.

Versuch am 9. Aug. 1912, 11^{20-35}, nach 7tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 88.

No. der Farbenserie	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Bienenfrequenz in den																
ersten 5 Min.	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	1	2	0	1	5	1
zweiten 5 „	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	3	10	0	15	0
dritten 5 „	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	4	8	34	7
Summa	0	0	0	6	0	1	1	0	0	1	1	9	14	9	54	8

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	15b	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Bienenfrequenz in den																															
ersten 5 Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zweiten 5 „	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dritten 5 „	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Summa	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0

Im Sommer 1913 wurden diese Versuche nochmals aufgenommen. Die Bienen waren vorher auf Grasgrün dressiert.

Tabelle 92.

Versuch am 8. Aug. 1913, 11^{45-50}, nach 3tägiger Dressur. — Es wird die Farbenserie aufgelegt.

Anflugseite.

Rot_1 0	Rot_2 0	$Blau_{14}$ 4	$Blau_{11}$ 1
$Blau_{13}$ 10	$Grün_8$ 0	$Grün_{10}$ 0	$Gelb_5$ 1
$Gelb_6$ 3	Rot_3 2	$Grün_7$ 0	$Blau_{12}$ 1
$Purpur_{16}$ 217	$Grün_9$ 0	$Purpur_{15}$ 105	$Gelb_4$ 1

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**13**	14	15	16
Bienenfrequenz	0	0	2	1	1	3	0	0	0	0	1	1	10	4	105	217

Tabelle 93.

Versuch am 8. Aug. 1913, 2^{30-35}, nach 3tägiger Dressur. — Es wird die Farbenserie aufgelegt.

Anflugseite.

$Gelb_4$ 0	**$Blau_{13}$** 0	$Gelb_5$ 1	$Purpur_{16}$ 0
$Purpur_{15}$ 386	$Grün_{10}$ 0	Rot_3 0	$Grün_8$ 0
Rot_1 1	$Blau_{11}$ 0	$Grün_9$ 2	$Blau_{14}$ 0
$Grün_7$ 0	$Blau_{12}$ 15	Rot_2 0	$Gelb_6$ 0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**13**	14	15	16
Bienenfrequenz	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	15	0	0	386	0

Tabelle 94.

Versuch am 9. Aug. 1913, 9^{55}—10^{00}, nach 4tägiger Dressur. — Es wird die Farbenserie aufgelegt.

Anflugseite.

$Purpur_{16}$ 2	$Grün_{7}$ 0	$Gelb_{4}$ 3	$Purpur_{15}$ 139
$Blau_{11}$ 0	$Blau_{12}$ 1	Rot_{3} 0	$Grün_{8}$ 0
$Blau_{14}$ 0	$Grün_{9}$ 0	$Grün_{10}$ 0	**$Blau_{13}$** 5
$Gelb_{6}$ 0	Rot_{2} 0	$Gelb_{5}$ 0	Rot_{1} 0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**13**	14	15	16
Bienenfrequenz	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	139	2

Versuch am 11. Aug. 1913, nach 6tägiger Dressur. — Mit diesen auf $Blau_{13}$ dressierten Bienen wurde nun folgender Versuch unternommen. Die Dressurfarbe wurde aus der Grauserie entfernt und stattdessen ein reines, mit einem leeren, reinem Uhrschälchen beschicktes $Gelb_5$ in der Grauserie aufgelegt; die Bienen beachten das gelbe Papier nicht, sondern fliegen ziellos über dem Tische herum. Nun wird statt des $Gelb_5$ ein $Blau_{12}$ aufgelegt; sofort stürzt sich eine große Anzahl Bienen auf das blaue Papier. Nun wird stattdessen ein $Grün_{10}$ aufgelegt; die Bienen beachten es nicht, sondern schwärmen ziellos herum. Es wird ein $Blau_{11}$ auf-

gelegt; das gleiche Resultat wie bei $Grün_{10}$. Nun wird wieder ein $Blau_{12}$ aufgelegt; sofort setzen sich zahlreiche Bienen darauf. Der Versuch wird am folgenden Tage in größerer Ausdehnung und als Zählversuch wiederholt:

Versuch am 12. Aug. 1913, nach 7tägiger Dressur. — Es wird den auf $Blau_{13}$ dressierten Bienen eine reine Grauserie und ein reines farbiges Blatt vorgelegt. Die Anordnung der Papiere bleibt in dieser Versuchsreihe stets dieselbe, und zwar die folgende:

Anflugseite.

$Grau_{15}$	$Grau_5$	$Grau_{12}$	$Grau_{14}$
$Grau_4$	$Grau_2$	$Grau_6$	$Grau_8$
$Grau_1$	$Grau_9$	$Grau_7$	$Grau_{13}$
$Grau_3$	$Grau_{10}$	**Farbe**	$Grau_{11}$

Zwischen je zwei Versuchen wurden die Bienen an der Anflugseite des Tisches vom Dressurblau gefüttert.

Tabelle 95.

9^{55}—10^{00}; ein Gelb No. 4 in der Grauserie.

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$Gelb_4$
Bienenfrequenz	1	6	2	2	2	1	6	2	1	1	1	3	1	3	270	6

Tabelle 96.

10^{07}—^{12}; ein Blau No. 12 in der Grauserie.

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$Blau_{12}$
Bienenfrequenz	2	1	0	6	0	1	0	1	2	1	1	1	0	0	3	503

Tabelle 97.

10^{17-22}; ein Grün No. 10 in der Grauserie.

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$Grün_{10}$
Bienenfrequenz	151	1	0	2	2	2	1	4	3	2	1	0	1	0	3	185

Die Bienen setzten sich zunächst nicht; dann entstand ein Klumpen auf dem $Grau_1$, später auf dem $Grün_{10}$, offenbar zufällig, wie aus dem zunächst ziellosen Umherfliegen der Bienen und dem gänzlich anderen Resultat bei Wiederholung des Versuches (s. Tabelle 101) hervorgeht.

Tabelle 98.

10^{27-32}; ein Purpurrot No. 16 in der Grauserie.

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$Purpur_{16}$
Bienenfrequenz	3	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	480

Tabelle 99.

10^{37-42}; ein Blaugrün No. 11 in der Grauserie.

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$Blau_{11}$
Bienenfrequenz	1	2	6	1	14	18	11	1	1	0	0	21	3	0	0	10

Tabelle 100.

10^{50-55}; ein Purpurrot No. 15 in der Grauserie.

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$Purpur_{15}$
Bienenfrequenz	1	0	0	3	0	3	4	1	2	0	0	0	1	0	0	497

Tabelle 101.

11^{00-05}; ein Grün No. 10 in der Grauserie.

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$Grün_{10}$
Bienenfrequenz	2	3	310	0	2	3	2	1	0	1	1	0	7	8	0	1

Tabelle 102.

11^{10-15}; ein Blau No. 14 in der Grauserie.

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$Blau_{14}$
Bienenfrequenz	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	425

Tabelle 103.

11^{24-29}; ein Gelbgrün No. 7 in der Grauserie.

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$Grün_7$
Bienenfrequenz	0	3	5	0	3	2	197	2	0	2	1	1	4	8	0	2

Tabelle 104.

11^{35-40}; ein Blau No. 13 in der Grauserie.

No. d. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$Blau_{13}$
Bienenfrequenz	0	0	0	0	0	1	4	0	1	1	2	0	0	0	0	603

Im September 1913 wurden die Bienen ein drittes mal auf Blau No. 13 dressiert; sie waren vorher auf Blau No. 14 dressiert. Es wurde mit ihnen eine weitere Reihe von Verwechslungsversuchen vorgenommen, bei welchen die Farbenserie mit einer großen Glasplatte zugedeckt wurde.

Tabelle 105.

Versuch am 12. Sept. 1913, 3^{52-57}, am ersten Tage der Dressur (die vorangegangene Dressur auf $Blau_{14}$ nicht mitgerechnet). — Es wird die Farbenserie aufgelegt, mit einer Glasplatte bedeckt, und auf die Glasplatte werden die reinen, leeren Uhrschälchen gesetzt.

Anflugseite.

$Grün_{10}$ 0	$Blau_{14}$ 0	$Blau_{12}$ 78	Rot_2 0
$Purpur_{15}$ 27	Rot_1 0	$Gelb_5$ 2	**$Blau_{13}$** 66
$Blau_{11}$ 2	$Grün_7$ 1	$Grün_8$ 0	$Gelb_4$ 0
$Grün_9$ 0	$Purpur_{16}$ 4	$Gelb_6$ 0	Rot_3 0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**13**	14	15	16
Bienenfrequenz	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	2	78	66	0	27	4

Es braucht wohl nicht betont zu werden, daß die Glasplatte zwischen je zwei Versuchen gereinigt wurde.

Tabelle 106.

Versuch am 12. Sept. 1913, 4^{03-08}, wie bei Tab. 105.

Anflugseite.

$Grün_{10}$ 0	$Blau_{14}$ 1	$Blau_{12}$ 89	Rot_2 0
$Blau_{13}$ 2	Rot_1 1	$Gelb_5$ 0	$Purpur_{15}$ 82
$Blau_{11}$ 0	$Grün_7$ 0	$Grün_8$ 0	$Gelb_4$ 0
$Grün_9$ 0	$Purpur_{16}$ 0	$Gelb_6$ 0	Rot_3 0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**13**	14	15	16
Bienenfrequenz	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89	2	1	82	0

Tabelle 107.

Versuch am 13. Sept. 1913, 10^{09-14}, nach 1tägiger Dressur, wie bei Tab. 105.

Anflugseite.

Blau$_{13}$ 7	Grün$_{7}$ 0	Grün$_{9}$ 2	Purpur$_{15}$ 53
Grün$_{10}$ 1	Rot$_{1}$ 1	Rot$_{2}$ 0	Gelb$_{6}$ 1
Blau$_{14}$ 5	Gelb$_{5}$ 1	Blau$_{12}$ 12	Grün$_{8}$ 1
Purpur$_{16}$ 0	Blau$_{11}$ 1	Rot$_{3}$ 1	Gelb$_{4}$ 0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**13**	14	15	16
Bienenfrequenz	1	0	1	0	1	1	0	1	2	1	1	12	7	5	53	0

Tabelle 108.

Versuch am 13. Sept. 1913, 10^{18-23}, nach 1tägiger Dressur, wie bei Tab. 105.

Anflugseite.

$Purpur_{15}$ 38	$Grün_{7}$ 0	$Grün_{9}$ 0	**$Blau_{13}$ 145**
$Grün_{10}$ 3	Rot_{1} 0	Rot_{2} 0	$Gelb_{6}$ 0
$Blau_{14}$ 15	$Gelb_{5}$ 1	$Blau_{12}$ 6	$Grün_{8}$ 0
$Purpur_{16}$ 0	$Blau_{11}$ 0	Rot_{3} 0	$Gelb_{4}$ 0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**13**	14	15	16
Bienenfrequenz	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	6	145	15	38	0

Tabelle 109.

Versuch am 13. Sept. 1913, 10^{30-35}, nach 1tägiger Dressur, wie bei Tab. 105.

Anflugseite.

$Blau_{12}$ 186	$Grün_{7}$ 1	$Grün_{8}$ 4	Rot_{1} 0
$Grün_{10}$ 0	$Purpur_{15}$ 19	Rot_{2} 0	$Gelb_{6}$ 0
$Blau_{14}$ 5	$Gelb_{5}$ 0	$Grün_{9}$ 0	**$Blau_{13}$ 4**
$Purpur_{16}$ 1	$Blau_{11}$ 0	Rot_{3} 0	$Gelb_{4}$ 0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**13**	14	15	16
Bienenfrequenz	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	186	4	5	19	1

Tabelle 110.

Versuch am 13. Sept. 1913, 10^{40-45}, nach 1tägiger Dressur, wie bei Tab. 105.

Anflugseite.

Rot_3 3	$Grün_7$ 0	$Grün_8$ 1	Rot_1 1
$Blau_{14}$ 4	$Gelb_5$ 0	Rot_2 1	$Gelb_6$ 0
$Grün_{10}$ 0	$Purpur_{15}$ 2	**$Blau_{13}$** 39	$Grün_9$ 0
$Purpur_{16}$ 0	$Grün_{11}$ 0	$Gelb_4$ 0	$Blau_{12}$ 2

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**13**	14	15	16
Bienenfrequenz	1	1	3	0	0	0	0	1	0	0	0	2	39	4	2	0

Dressur auf Blau No. 14.

Die Bienen waren vorher auf Rot No. 3 dressiert.

Tabelle 111.

Versuch am 7. Sept. 1913, 9^{50-55}, nach 3tägiger Dressur. — Ein reines $Blau_{14}$ in der aus 15 Nummern bestehenden Grauserie.

Anflugseite.

$Grau_{12}$ 0	$Grau_{7}$ 0	$Grau_{14}$ 0	$Grau_{6}$ 1
$Grau_{10}$ 1	$Grau_{15}$ 0	$Grau_{4}$ 0	$Grau_{9}$ 1
$Grau_{8}$ 0	**$Blau_{14}$** 99	$Grau_{3}$ 1	$Grau_{1}$ 0
$Grau_{13}$ 0	$Grau_{5}$ 0	$Grau_{2}$ 0	$Grau_{11}$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Blau_{14}$**
Bienenfrequenz	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	99

Tabelle 112.

Versuch am 7. Sept. 1913, 10^{00-05}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 111.

Anflugseite.

$Grau_{6}$ 0	$Grau_{14}$ 0	$Grau_{9}$ 0	$Grau_{4}$ 0
$Grau_{1}$ 0	$Grau_{2}$ 0	$Grau_{13}$ 0	$Grau_{5}$ 0
$Grau_{11}$ 1	$Grau_{3}$ 0	$Grau_{8}$ 1	$Grau_{10}$ 0
$Grau_{15}$ 0	$Grau_{12}$ 0	**$Blau_{14}$** 220	$Grau_{7}$ 0

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	**$Blau_{14}$**
Bienenfrequenz	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	220

Verwechslungsversuche.

Für die Verwechslungsversuche war es am 3. Tage der Dressur insofern noch zu früh, als nach meinen sonstigen Erfahrungen (vgl. S. 74, 75) noch eine Nachwirkung der vorangegangenen Dressur auf das Orangerot No. 3 zu erwarten war. Dies findet man in den Tabellen bestätigt; die „warmen" Farben wurden noch relativ stark besucht. Ich wollte die Versuche nicht länger hinausschieben, da ich noch andere Experimente mit den Bienen vorhatte. Daß diese von den blauen und purpurroten Papieren am stärksten angezogen wurden, geht trotz des erwähnten Umstandes aus den Tabellen deutlich hervor.

Tabelle 113.

Versuch am 7. Sept. 1913, 10^{15-20}, nach 3tägiger Dressur. — Es wird die Farbenserie aufgelegt.

Anflugseite.

$Gelb_4$ 0	$Grün_{10}$ 0	$Purpur_{16}$ 4	$Gelb_6$ 0
$Grün_8$ 1	$Blau_{12}$ 104	$Grün_9$ 3	Rot_1 1
$Blau_{14}$ 9	Rot_3 2	Rot_2 1	$Purpur_{15}$ 47
$Grün_7$ 1	$Blau_{11}$ 0	$Blau_{13}$ 2	$Gelb_5$ 0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	**14**	15	16
Bienenfrequenz	1	1	2	0	0	0	1	1	3	0	0	104	2	9	47	4

Tabelle 114.

Versuch am 7. Sept. 1913, 10^{25-30}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 113.

Anflugseite.

$Grün_{10}$ 0	$Gelb_4$ 5	$Gelb_6$ 3	$Purpur_{16}$ 0
$Blau_{13}$ 6	$Grün_8$ 0	$Purpur_{15}$ 248	Rot_1 1
$Grün_7$ 0	**$Blau_{14}$** 3	Rot_2 1	$Gelb_5$ 0
Rot_3 8	$Blau_{11}$ 1	$Blau_{12}$ 1	$Grün_9$ 0

No. der Farbenserie	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	**14**	15	16
Bienenfrequenz	1	1	8	5	0	3	0	0	0	0	1	1	6	3	248	0

Tabelle 115.

Versuch am 7. Sept. 1913, 3^{40-45}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 113.

Anflugseite.

$Purpur_{16}$ 8	$Gelb_6$ 1	$Grün_{10}$ 2	$Gelb_4$ 11
Rot_1 1	**$Blau_{14}$** 11	$Grün_8$ 1	$Blau_{13}$ 15
$Blau_{12}$ 8	$Gelb_5$ 2	$Purpur_{15}$ 232	$Grün_9$ 3
Rot_2 1	$Blau_{11}$ 1	$Grün_7$ 3	Rot_3 9

No. der Farbenserie	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	**14**	15	16
Bienenfrequenz	1	1	9	11	2	1	3	1	3	2	1	8	15	11	232	[8

Tabelle 116.

Versuch am 7. Sept. 1913, 3^{50-55}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 113.

Anflugseite.

$Gelb_4$ 1	**$Blau_{14}$** 4	$Grün_{10}$ 1	$Purpur_{16}$ 0
Rot_1 0	$Gelb_6$ 2	$Blau_{13}$ 0	$Grün_7$ 0
$Gelb_5$ 0	$Blau_{12}$ 115	Rot_2 3	$Grün_9$ 1
$Purpur_{15}$ 69	Rot_3 4	$Grün_8$ 1	$Blau_{11}$ 0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	**14**	15	16
Bienenfrequenz	0	3	4	1	0	2	0	1	1	1	0	115	0	4	69	0

Tabelle 117.

Versuch am 7. Sept. 1913, 4^{00-05}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 113.

Anflugseite.

$Gelb_4$ 109	$Purpur_{16}$ 0	$Grün_{10}$ 2	$Purpur_{15}$ 73
$Blau_{13}$ 95	$Gelb_6$ 5	Rot_1 0	$Grün_7$ 1
$Gelb_5$ 2	$Blau_{12}$ 11	Rot_2 5	**$Blau_{14}$** 3
$Grün_9$ 0	Rot_3 2	$Grün_8$ 0	$Blau_{11}$ 0

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	**14**	15	16
Bienenfrequenz	0	5	2	109	2	5	1	0	0	2	0	11	95	3	73	0

Tabelle 118.

Versuch am 7. Sept. 1913, 4^{50-55}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab. 113.

Anflugseite.

$Blau_{11}$ 0	$Grün_{8}$ 0	Rot_{2} 0	$Grün_{7}$ 0
$Purpur_{15}$ 35	Rot_{1} 0	**$Blau_{14}$** 0	$Grün_{10}$ 0
$Grün_{9}$ 1	Rot_{3} 0	$Gelb_{5}$ 1	$Blau_{13}$ 1
$Blau_{12}$ 0	$Gelb_{6}$ 0	$Purpur_{16}$ 1	$Gelb_{4}$ 13

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	**14**	15	16
Bienenfrequenz	0	0	0	13	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	35	1

Tabelle 119.

Versuch am 7. Sept. 1913, 5^{00-05}, nach 3tägiger Dressur. — Wie bei Tab 113.

Anflugseite.

$Blau_{13}$ 2	$Grün_{8}$ 0	Rot_{2} 2	$Blau_{12}$ 0
$Gelb_{5}$ 1	Rot_{1} 3	**$Blau_{14}$** 9	$Grün_{10}$ 0
$Purpur_{15}$ 229	Rot_{3} 3	$Grün_{9}$ 1	$Purpur_{16}$ 6
$Blau_{11}$ 4	$Gelb_{6}$ 0	$Grün_{7}$ 0	$Gelb_{4}$ 10

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	**14**	15	16
Bienenfrequenz	3	2	3	10	1	0	0	0	1	0	4	0	2	9	229	6

Dressur auf Purpurrot No. 15.

Die Bienen waren vorher auf ein mittleres Grau dressiert.

Tabelle 120.

Versuch am 26. August 1912, 9^{45}—10^{00}, nach 2tägiger Dressur. — Es wird ein reines Purpurrot No. 15 in der aus 30 Nummern bestehenden Grauserie aufgelegt. Um die Anordnung der Papiere auf ein Rechteck zu ergänzen, ist ein mittleres Grau (No. 15) doppelt aufgelegt.

. Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	**Pur-pur$_{15}$**
enfrequenz in den																																
ten 5 Min.	3	0	2	1	0	1	1	1	4	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	1	0	0	0	3	0	0	1	0	332
eiten 5 „	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	1	1	0	3	0	1	0	1	0	0	1	2	0	2	1	3	1	0	4	0	278
tten 5 „	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	2	0	1	0	0	91
Summa	3	0	2	1	2	5	2	1	4	0	0	3	1	0	4	0	1	1	2	3	1	1	5	0	2	1	8	1	1	5	0	701

Verwechslungsversuche.

Tabelle 121.

Versuch am 26. Aug. 1912, 10^{45}—11^{00}, nach 2tägiger Dressur. — Es wird den Bienen die Farbenserie und die aus 30 Nummern bestehende Grauserie vorgelegt, derart, daß sich zwischen je zwei farbigen Papieren zwei graue befinden. Um die Anordnung der Papiere auf ein Rechteck zu ergänzen, ist ein graues Papier (No. 15) dreifach aufgelegt.

	Rot			Gelb			Grün				Blau				Purpur	
No. der Farbenserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	**15**	16
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	9	3	12	285
zweiten 5 „	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	6	102
dritten 5 „	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3	63
Summa	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	12	6	21	450

No. der Grauserie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	15a	15b	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	2
Bienenfrequenz in den ersten 5 Min.	1	1	0	0	0	0	0	1	4	0	0	1	0	1	2	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0
zweiten 5 „	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
dritten 5 „	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Summa	1	1	0	0	0	0	0	1	6	0	0	2	0	2	2	1	0	0	1	2	3	0	0	0	1	1	3	0	0	1	0

Tabelle 122.

Dann wurde diesen Bienen ein Purpurrot No. 15 und ein Purpurrot No. 16 in der Grauserie vorgelegt und es wurde nur die Frequenz dieser beiden Papiere miteinander verglichen. In 4 Versuchen setzten sich je binnen 4 Minuten:

	$Purpur_{15}$	$Purpur_{16}$
Bienenfrequenz	89	18
„	178	9
„	158	8
„	63	48

Tabelle 123.

Dann wurde den Bienen in der Grauserie ein Rot No. 2, ein Gelb No. 4, ein Purpurrot No. 15 und ein Purpurrot No. 16 vorgelegt und die gegenseitige Lage dieser farbigen Papiere zwischen je zwei Versuchen stets verändert. Die Papiere erhielten in 4 Versuchen, je binnen 4 Minuten, folgenden Besuch:

	Rot_2	$Gelb_4$	**$Purpur_{15}$**	$Purpur_{16}$
Bienenfrequenz	0	1	330	119
„	2	1	231	247
„	0	2	76	25
„	3	0	101	19

Tabelle 124.

Dann wurde den Bienen in der Grauserie ein Rot No. 2, ein Gelb No. 4, ein Blau No. 13 und ein Purpurrot No. 15 vorgelegt und wie oben in 4 Versuchen von je 4 Minuten die Bienenfrequenz festgestellt:

	Rot_2	$Gelb_4$	$Blau_{13}$	**$Purpur_{15}$**
Bienenfrequenz	3	0	12	253
„	4	0	4	139
„	3	0	24	79
„	10	0	8	22

Tabelle 125.

Schließlich wurden in gleicher Weise zwei Versuche mit Rot No. 2, Gelb No. 4, Blau No. 14 und Purpurrot No. 15 angestellt:

	Rot_2	$Gelb_4$	$Blau_{14}$	**$Purpur_{15}$**
Bienenfrequenz	3	0	25	353
„	2	0	6	133

Literaturverzeichnis.

1. ALLARD, H. A., Some experimental observations concerning the behavior of various bees in their visits to cotton blossoms, in: Amer. Natural., Vol. 45, 1911, p. 607—622 und 668—685.
2. ANDREAE, E., Inwiefern werden Insekten durch Farbe und Duft der Blumen angezogen? in: Beihefte bot. Ctrbl., Vol. 15, 1903, p. 427—470.
3. Atlas der Alpenflora, herausgeg. vom deutschen u. österr. Alpenverein, Graz 1897.
4. BENNETT, A. W., On the constancy of insects in their visits to flowers, in: Journ. Linn. Soc. London, Zool., Vol. 17, 1883, p. 175—185.
5. v. BERLEPSCH, A., Die Biene und die Bienenzucht in honigarmen Gegenden, Mühlhausen 1860.
6. BETHE, A., Dürfen wir den Ameisen und Bienen psychische Qualitäten zuschreiben? in: Arch. ges. Physiol., Vol. 70, 1898, p. 15—100.
7. —, Die Heimkehrfähigkeit der Ameisen und Bienen, in: Biol. Ctrbl., Vol. 22, 1902.
8. BONNIER, Les nectaires. Étude critique, anatomique et physiologique, in: Ann. Sc. nat. (6) Bot., Vol. 8, 1878.
9. —, Le sens de la direction chez les abeilles, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 148, 1909, p. 1019—1022.
10. BULMAN, G. W., Bees and the origin of flowers, in: Nat. Science, Vol. 14, 1899, p. 128—130.
11. —, The constancy of the bee, in: Zoologist (4), Vol. 6, 1902, p. 220 bis 222.
12. v. BUTTEL-REEPEN, H., Sind die Bienen „Reflexmaschinen"? in: Biol. Ctrbl., Vol. 20, 1900 (auch separat erschienen, Leipzig 1900).

13. v. Buttel-Reepen, Die phylogenetische Entstehung des Bienenstaates, ibid., Vol. 23, 1903 (auch separat erschienen).

14. Christy, R. M., On the methodic habits of insects when visiting flowers, in: Journ. Linn. Soc. London, Zool., Vol. 17, 1883, p. 186—194.

15. v. Dalla Torre, K., Über Beobachtungen der Wechselbeziehungen zwischen Tier- und Pflanzenwelt, in: Katter's entomol. Nachr., Jg. 2, 1876, p. 170—172.

16. Darwin, Ch., Die verschiedenen Einrichtungen, durch welche Orchideen von Insekten befruchtet werden, übers. von V. Carus, Stuttgart 1877.

17. —, Die Wirkungen der Kreuz- und Selbst-Befruchtung im Pflanzenreich, übers. von V. Carus, Stuttgart 1877.

18. Detto, C., Blütenbiologische Untersuchungen. II. Versuche über die Blütenorientierung und das Lernen der Honigbiene, in: Flora, Vol. 94, 1905, p. 424—461.

19. v. Dobkiewicz, L., Beitrag zur Biologie der Honigbiene, in: Biol. Ctrbl., Vol. 32, 1912, p. 664—694.

20. Exner, Franz u. Sigm., Die physikalischen Grundlagen der Blütenfärbungen, in: SB. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Vol. 119, Abt. 1, 1910.

21. Forel, A., Das Sinnesleben der Insekten, München 1910.

22. v. Frisch, K., Über farbige Anpassung bei Fischen, in: Zool. Jahrb., Vol. 32, Physiol., 1912, p. 173—230.

23. —, Sind die Fische farbenblind? ibid., Vol. 33, Physiol., 1912, p. 107—126.

24. —, Weitere Untersuchungen über den Farbensinn der Fische, ibid., Vol. 34, Physiol., 1913, p. 43—68.

25. —, Über den Farbensinn der Bienen und die Blumenfarben, in: München. med. Wochenschr. 1913, No. 1.

26. —, Zur Frage nach dem Farbensinn der Tiere, in: Verh. Ges. deutsch. Naturf. u. Ärzte, 1913.

26a. —, Demonstration von Versuchen zum Nachweis des Farbensinnes bei angeblich total farbenblinden Tieren, in: Verh. deutsch. zool. Ges. 1914.

27. Frisch u. Kupelwieser, Über den Einfluss der Lichtfarbe auf die phototaktischen Reaktionen niederer Krebse, in: Biol. Ctrbl., Vol. 33, 1913, p. 517—552.

28. Giltay, E., Über die Bedeutung der Krone bei den Blüten und über das Farbenunterscheidungsvermögen der Insekten. I., in: Jahrb. wiss. Bot., Vol. 40, 1904, p. 368—402.

29. —, Dasselbe. II., ibid., Vol. 43, 1906, p. 468—499.

30. Gorka, A., Die Insekten und die Blumen, in: Rovartani Lapok, Vol. 5, p. 139, Budapest. Ref. in: Illustr. Ztschr. Entomol., Vol. 5, 1900, p. 57.

31. Graber, V., Grundlinien zur Erforschung des Helligkeits- und Farbensinnes der Tiere, Prag u. Leipzig 1884.

32. v. Grützner, P., Ein Modell des facettierten Insektenauges, nebst Bemerkungen über das Sehen der Insekten, in: Livre jubilaire Ch. Richet, 1912, p. 125.

33. Hegi, Illustrierte Flora von Mitteleuropa (im Erscheinen).

34. v. Hess, C., Gesichtssinn, in: Winterstein, Handbuch vergl. Physiol., Vol. 4, Jena 1912.

35. —, Die Entwicklung von Lichtsinn und Farbensinn in der Tierreihe. Vortrag geh. b. d. Versamml. deutscher Naturf. u. Ärzte in Wien am 25. Sept. 1913, Wiesbaden 1914.

36. —, Experimentelle Untersuchungen über den angeblichen Farbensinn der Bienen, in: Zool. Jahrb., Vol. 34, Physiol., 1913, p. 81—106.

37. v. Hippel, A., Ein Fall von einseitiger, congenitaler Roth-Grünblindheit bei normalem Farbensinn des anderen Auges, in: Arch. Ophthalmol., Vol. 26 (2), 1880, p. 176—186.

38. Holmgren, Über die subjektive Farbenempfindung der Farbenblinden, in: Ctrbl. med. Wiss., Vol. 18, 1880, p. 898—900 u. 913—916.

39. Kathariner, L., Versuche über die Art der Orientierung bei der Honigbiene, in: Biol. Ctrbl., Vol. 23, 1903.

40. Kerner v. Marilaun, A., Pflanzenleben, 2 Bde., Leipzig u. Wien 1890—1891.

41. Kienitz-Gerloff, Professor Plateau und die Blumentheorie, in: Biol. Ctrbl., Vol. 18, 1898, p. 417—425.

42. —, Dasselbe, II., ibid., Vol. 23, 1903, p. 557—562.

43. Kinyon, J., Color of hives, in: Gleanings in bee culture, Vol. 35. p. 262, Medina, Ohio, 1907.

44. v. Kirchner, O., Blumen und Insekten, Leipzig u. Berlin 1911.

45. Knuth, P., Handbuch der Blütenbiologie, Leipzig 1898.

46. Köllner, H., Die Störungen des Farbensinnes, Berlin 1912.

47. Kölreuter, J. G., Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen, Leipzig 1761.

48. Kronfeld, M., Zur Blumenstetigkeit der Bienen und Hummeln, in: Verh. zool.-bot. Ges. Wien, Vol. 38, 1888, S. 785.

49. Loew, E., Beobachtungen über den Blumenbesuch von Insekten an Freilandpflanzen des botanischen Gartens zu Berlin, in: Jahrb. bot. Garten Berlin, Vol. 3, 1884, und Vol. 4, 1886.

50. Lossing, W., Painting hives in: Gleanings in bee culture, Vol. 34, p. 1428, Medina, Ohio, 1906,

51. Lovell, J. H., The colors of northern monocotyledonous flowers, in: Amer. Natural., Vol. 33, 1899, p. 493—504.

52. —, The colors of northern apetalous flowers, ibid., Vol. 35, p. 197.

53. —, The colors of northern polypetalous flowers, ibid., Vol. 36, 1902, p. 203—242.

54. Lovell, J. H., The colors of northern gamopetalous flowers, ibid., Vol. 37, 1903, p. 365—384 u. 443—479.

55. —, The color sense of the honey-bee: is conspicuousness an advantage to flowers?, in: Amer. Natural., Vol. 43, 1909, p. 338—349.

56. —, The color sense of the honey-bee: can bees distinguish colors?, ibid., Vol. 44, 1910, p. 673—692.

57. —, The color sense of the honey-bee: the pollination of green flowers, ibid., Vol. 46, 1912, p. 83—107.

58. Lubbock, J., Ameisen, Bienen und Wespen, Leipzig 1883.

59. —, Die Sinne und das geistige Leben der Thiere, Leipzig 1889.

60. Ludwig, F., Die biologische Bedeutung des Farbenwechsels mancher Blumen, in: Biol. Ctrbl., Vol. 4, 1885, p. 196—197.

61. —, Einige neue Fälle von Farbenwechsel in verblühenden Blütenständen, ibid., Vol. 6, p. 1—3.

62. Müller, Hermann, Die Befruchtung der Blumen durch Insekten und die gegenseitigen Anpassungen beider, Leipzig 1873.

63. —, Alpenblumen, ihre Befruchtung durch Insekten und ihre Anpassungen an dieselben, Leipzig 1881.

64. Versuche über die Farbenliebhaberei der Honigbiene, in: Kosmos, Vol. 12, 1882—1883, p. 273—299.

64a. Nagel, Einführung in die Kenntnis der Farbensinnstörungen und ihre Diagnose, Wiesbaden 1908.

65. Neger, Fr. W., Biologie der Pflanzen, Stuttgart 1913.

66. Pérez, J., De l'attraction exercée par les odeurs et les couleurs sur les insectes, in: Actes Soc. Linn. Bordeaux (5), Vol. 7, 1894, p. 245—253.

67. —, De l'attraction exercée par les couleurs et les odeurs sur les insectes, in: Mém. Soc. Sc. phys. nat. Bordeaux (6), Vol. 3, 1903, p.—136.

68. Plateau, F., L'instinct des insectes peut-il être mis en défaut par des fleurs artificielles?, in: Assoc. Franç. Avancement Sc., Vol. 5, 1876, p. 535—540.

69. —, Recherches expérimentales sur la vision chez les insectes. — Les insectes distinguent-ils la forme des objets?, in: Bull. Acad. Sc. Belgique (3), Vol. 10, 1885, p. 231—250.

70. —, Recherches expérimentales sur la vision chez les Arthropodes I., ibid., Vol. 14, 1887, p. 407—448.

71. —, Dasselbe, II., ibid., Vol. 14, 1887, p. 445—595.

72. —, Dasselbe, III., ibid., Vol. 15, 1888, p. 28—91.

73. —, Dasselbe, IV., in: Mém. Acad. Belgique (collection in 8°), Vol. 43.

74. —, Dasselbe, V., in: Bull. Acad. Sc. Belg. (3), Vol. 16, 1888, p. 395—457.

75. —, Un filet empêche-t-il le passage des insectes ailés?. ibid., Vol. 30, 1895, p. 281—302.

76. —, Comment les fleurs attirent les insectes. — Recherches expérimentales, ibid., Vol. 30, 1895, p. 466—488.

77. PLATEAU, F., Dasselbe, II., ibid., Vol. 32, 1896, p. 505—534.
78. —, Dasselbe, III., ibid., Vol. 33, 1897, p. 17—41.
79. —, Dasselbe, IV., ibid., Vol. 34, 1897, p. 601—644.
80. —, Dasselbe, V., ibid., Vol. 34, 1897, p. 847—881.
81. —, Nouvelles recherches sur les rapports entre les insectes et les fleures. — Étude sur le rôle de quelques organes dits vexillaires, in: Mém. Soc. zool. France, Vol. 11, 1898, p. 339—375.
82. —, Dasselbe, II. — Le choix des couleurs par les insectes, ibid., Vol. 12, 1899, p. 336—370.
83. —, Dasselbe, III. — Les Syrphides admirent-ils les couleurs des fleurs? ibid., Vol. 13, 1900, p. 266—285.
84. —, La vision chez l'Anthidium manicatum L., in: Ann. Soc. entomol. Belgique, Vol. 43, 1899, p. 452—456.
85. —, Expériences sur l'attraction des insectes par les étoffes colorées et les objets brillants, ibid., Vol. 44, 1900, p. 174—188.
86. —, Observations sur le phénoméne de la constance chez quelques Hyménoptères, ibid., Vol. 45, 1901, p. 56—83.
87. —, Observations sur les erreurs commises par les Hyménoptères visitant les fleurs, ibid., Vol. 46, 1902, p. 113—129.
88. —, L'ablation des antennes chez les bourdons et les appréciations d'AUGUSTE FOREL, ibid., Vol. 46, 1902, p. 414—427.
89. —, Les pavots décorollés et les insectes visiteurs. — Expériences sur le Papaver orientale L., in: Bull. Acad. Belgique, Cl. Sc., 1902, p. 657—684.
90. —, Note sur l'emploi d'une glace étamée dans l'étude des rapports entre les insectes et les fleurs, ibid., 1905, p. 403—422.
91. —, Les fleurs artificielles et les insectes, in: Mém. Acad. Belgique, Cl. Sc. (2), Vol. 1, 1904—1906.
92. —, Note sur l'emploi de récipients en verre dans l'étude des rapports entre les insectes et les fleurs, in: Bull. Acad. Belgique, Cl. Sc., 1906, p. 741—775.
93. —, Le macroglosse, in: Mém. Soc. entomol. Belgique, Vol. 12, 1906, p. 141—180.
94. —, Les insectes et la couleur des fleurs, in: Année psychol., Vol. 13, 1907, p. 67—79.
95. —, Les insectes ont-ils la mémoire des faits? Observations sur les bourdons, ibid., Vol. 15, 1909, p. 148—159.
96. PORSCH, O., Die Anlockungsmittel der Blumen im Lichte neuerer Forschung, in: Mitt. naturw. Ver. Univ. Wien, Jg. 2, 1904, p. 25—53.
97. REEKER, H., Wie ziehen die Blumen Insekten an? in: Zool. Garten, Jg. 39, 1898.
98. REICHENBACH, L., Icones florae germanicae et helveticae, 25 Bde.

99. Romanes, G. J., Homing faculty of Hymenoptera, in: Nature, Vol. 32, 1885, p. 630.

100. Schnarf, K., Vergleichende Charakteristik der Vogelblumen, in: Jahresber. Staatsgymn. 6. Bezirk Wien 1912—1913, Selbstverlag des Gymnasiums Wien 1913.

101. Schröder, Chr., Experimentelle Studien über den Blütenbesuch besonders der Syritta pipiens L., in: Allg. Ztschr. Entomol., Vol. 6, 1901, p. 181—183.

102. Scott-Elliot, G. F., Ornithophilous flowers in South Africa, in: Ann. Bot., Vol. 4, 1890, p. 265—280.

103. Sprengel, Christian Konrad, Das entdeckte Geheimniss der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen, Berlin 1793.

104. Theen, H., Über den Farbensinn der Bienen, in: Illustr. Wochenschr. Entomol., Vol. 1, 1896, p. 101—105.

105. Turner, C. H., Experiments on color-vision of the honey-bee, in: Biol. Bull., Vol. 19, 1910, p. 257—279.

106. —, Experiments on pattern-vision of the honey-bee, ibid., Vol. 21, 1911, p. 249—264.

107. Verhoeff, C., Blumen und Insekten der Insel Norderney, in: Nova Acta Acad. Leop.-Carol., Vol. 61, 1894.

108. Wagner, W., Psycho-biologische Untersuchungen an Hummeln, in: Bibl. zool., Vol. 19, 1907.

109. Wery, Joséphine, Quelques expériences sur l'attraction des abeilles par les fleurs, in: Bull Acad. Belgique 1904, p. 1211—1261.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 1.

Die auf dieser Tafel wiedergegebenen Photographien sind nicht LUMIÈRE-Aufnahmen, sondern es wurden bei der Reproduktion die blauen Papiere mit blauem Überdruck versehen.

Fig. 1. Nachweis des Farbensinnes; die Bienen wurden einen Tag lang auf Blau dressiert; dann wurde in der Grauserie (die in 30 Abstufungen von Weiß bis zu Schwarz führt), an einem vom Orte der letzten Fütterung abweichenden Platze, ein reines blaues Papier befestigt. Sämtliche Papiere sind mit reinen, leeren Uhrschälchen beschickt. Die Bienen unterscheiden das blaue Papier mit Sicherheit von allen Abstufungen der Grauserie. (Es ist der Versuchstisch von oben herab photographiert.) Vgl. Text S. 14.

Fig. 2. Wie bei Fig. 1 wurde den Blau-dressierten Bienen ein reines blaues Papier in der Grauserie vorgelegt. Das Uhrschälchen auf dem blauen Papier ist leer und rein, alle anderen Uhrschälchen (auf den grauen Papieren) sind mit Zuckerwasser gefüllt. Vgl. Text S. 14, 15.

Fig. 3. Den Blau-dressierten Bienen wurde ein reines blaues Blatt in der Grauserie vorgelegt. Alle Uhrschälchen wurden entfernt. Vgl. Text S. 15.

Fig. 4. Nachweis, daß das Gelingen der Blau-Dressur nicht auf einen (für uns nicht wahrnehmbaren) spezifischen Geruch des blauen Papieres zurückgeführt werden kann. Den Bienen wird ein blaues Blatt in der (aus 15 Nummern bestehenden) Grauserie vorgelegt; sämtliche Papiere sind mit einer großen Glasplatte bedeckt; auf die Glasplatte sind reine, leere Uhrschälchen gesetzt. Vgl. Text S. 24, 25.

Tafel 2.

Fig. 5. Der gleiche Versuch wie Taf. 1 Fig. 1, nur wurden die grauen Papiere nach ihrer Helligkeit geordnet. In der Mitte der Anordnung ist ein reines blaues Blatt befestigt. Vgl. Text S. 15, 16.

Fig. 6. Weiterer Nachweis, daß das Gelingen der Farbdressur nicht auf einen spezifischen Geruch des farbigen Papieres zurückgeführt werden kann. Das farbige und die grauen Papiere sind in Glasröhrchen eingeschmolzen. Die Röhrchen sind an einem aufrechtstehenden, mit Pergamentpapier überzogenen Brette befestigt (Aufnahme von vorn, nicht, wie bei den vorhergehenden Bildern, von oben herab). Die Bienen sind auf ein gelbes Röhrchen dressiert. Alle Röhrchen sind leer und rein. Die Bienen unterscheiden das Gelbröhrchen (×) mit Sicherheit von allen Grauabstufungen. Vgl. Text S. 26.

Fig. 7. Der gleiche Versuch an Blau-dressierten Bienen. Das Blauröhrchen (×) wird mit Sicherheit von allen Grauröhrchen unterschieden. Vgl. Text S. 26, 27.

Fig. 8 und 9. Verwechslung von Rot und Schwarz. Den auf Rot dressierten Bienen wird ein reines rotes Blatt (×) in der Grauserie vorgelegt. Sämtliche Uhrschälchen sind leer und rein. Die Bienen sammeln sich bald auf Schwarz (Fig. 8), bald auf Rot (Fig. 9). Vgl. Text S. 32.

Tafel 3.

Fig. 10. Dressur auf die Form. Versuchsanordnung vgl. Text S. 64 ff. und Textfig. D u. E, S. 64, 65. Die Bienen sind auf die „Enzianform“ im Gegensatze zur Strahlenform (Textfig. F, S. 66) dressiert. Vor der Aufnahme wurden leere reine Kästchen in vertauschter Anordnung an die Stelle der Dressurkästchen gesetzt. Vgl. Text S. 67.

Fig. 11. Dressur auf einen weißen Strahlenkranz. Vgl. Text S. 68, 69.

Fig. 12. Dressur auf eine bestimmte Farbenanordnung (innen Blau, außen Gelb, im Gegensatze zu: innen Gelb, außen Blau). Vgl. Textfig. G und Text S. 69, 70.

Fig. 13. Dressur auf blau-gelbe $^{8}/_{8}$-Scheiben im Gegensatze zu blaugelben $^{2}/_{2}$-Scheiben. Vgl. Textfig. H und Text S. 70 ff.

Fig. 14. Die Bienen unterscheiden auch $^{8}/_{8}$- von $^{4}/_{4}$-Scheiben. Vgl. Text S. 70 ff.

Fig. 15. Die Bienen unterscheiden: links Gelb, rechts Blau, von: links Blau, rechts Gelb. Vgl. Text S. 72, 73.

Tafel 4.

Fig. 16. Bienenstand des Kreisvereins für Bienenzucht und Obstbau in Oberbayern.

Fig. 17 und 18. Nachweis, daß die Bienen die Farbe ihres Stockes als Merkzeichen benützen. Stock No. 4 ist bevölkert, Stock No. 3 und 5 sind leer. Stock No. 4 ist mit blauen, Stock No. 5 mit gelben Schablonen versehen (Fig. 17). Um die Farben vertauschen zu können, ohne die Schablonen miteinander zu verwechseln und dadurch etwa einen anhaftenden Bienengeruch zu übertragen, sind die blauen Schablonen auf der Rück-

seite gelb, die gelben auf der Rückseite blau gestrichen. Dreht man nun die Schablonen um und vertauscht hierdurch die Farben, so zieht ein großer Teil der heimkehrenden Bienen in den leeren Stock No. 5 ein (Fig. 18), vgl. Text S. 91 ff.

Fig. 19—21. DieBienen lassen sich quantitativ in einen falschen Stock locken, wenn die relative Lage des blauen Stockes (links von ihm ein weißer, rechts ein gelber Stock) gewahrt bleibt. Fig. 19 zeigt die normale Situation. Nun werden die Schablonen am Stock No. 4 umgedreht (so daß er gelb erscheint) und die Schablonen von Stock No. 5 entfernt, und umgedreht (blau) am Stock No. 3 befestigt. Die Bienen, die sich während dieser Manipulation angestaut haben, stürzen sich sofort in den leeren Stock No. 3 (Fig. 20), und auch weiterhin ziehen die neu ankommenden Tiere regulär in den falschen Stock ein (Fig. 21); vgl. Text S. 94 ff.

Tafel 5.

Fig. 22—24. Ein gleicher Versuch wie bei Fig. 19—21. Fig. 22 zeigt die normale Situation, vor Beginn des Versuches. Nun wurden die Schablonen am Stock No. 4 umgedreht, die Schablonen von Stock No. 5 abgenommen und umgedreht an Stock No. 3 befestigt. 3 Minuten später wurde die Aufnahme Fig. 23 gemacht. Später wurden die Schablonen wieder in die normale Lage zurückversetzt und nach 1 Minute die Aufnahme Fig. 24 gemacht. Vgl. Text S. 97.

Autorenregister.

Andreae 4, 45

Bennett 59, 60
Berlepsch 59
Bethe 86, 87
Bonnier 44
Bulmann 59
v. Buttel-Reepen 83, 87, 88, 89

Christy 59, 60

Dalla-Torre 59
Darwin 3
Delpino 51
Detto 4, 59
v. Dobkiewicz 4, 5, 9, 56

Exner 10

Forel 4, 5, 8, 9, 27, 45, 56, 60, 87

Giltay 4

Hegi 54
Hein 90, 92
Hering 42
v. Hess 5, 6, 7, 8, 9, 23, 27, 28, 29, 30, 44, 46, 49, 50, 51, 90
v. Hippel 42
Hofmann 91, 99
Holmgren 42

Kathariner 88, 89
Kerner 45, 48, 52
Kienitz-Gerloff 4
Kinyon 90
Kirchner 58
Knuth 46, 47, 52, 53, 58, 59, 73
Köllner 42
Kölreuter 2
v. Kries 42
Kronfeld 59
Kupelwieser 8

Lossing 90
Lovell 4, 5, 8, 44, 45
Lubbock 5, 9, 27, 56, 57
Ludwig 52
Ludwig, E. 34

Merritt 48
Mitter 11
Müller, Herm. 3, 5, 44, 47, 50, 51, 52, 56, 57, 59

Nagel 46
Neger 59

Pérez 59
Plateau 3, 4, 44, 45, 59, 60, 69

Reeker 4
Reichenbach 54
Rietzschel 11
Romanes 88
Rosmanit 42

Schnarf 47, 48
Scott-Elliot 48
Sprengel 2, 5, 10, 53
Stähelin 89

Theen 89
Turner 79, 80

Verhoeff 58

Wery 4
v. Wettstein 60.

Sachregister.

Adenostyles alpina 46
Adonis aestivalis 46
A. autumnalis 46
A. flammea 46
Aesculus Hippocastanum 54
Acanthaceen 49
Aloen 48
Alonsoa 49
Alpenrose 46
Amherstia 49
Anagallis arvensis 46
Anchusa azurea 54
A. italica 54
A. sempervirens 54
A. vulgaris 54
Andrena albicans 55
Androsace lactea 54
A. obtusifolia 54
A. villosa 54
Anordnung der Farben, Dressur auf verschiedene 68 ff.
Antirrhinum majus 54
Anziehungskraft sitzender Bienen für neu ankommende 16 ff.
Aquilegia truncata 48
Arctostaphylos uva ursi 55
Arctia helvetica 54
Argynnis 47
Asphodeline lutea 55
Asphodelus 55
Astragalus australis 54
Auffinden der Futterstellen durch die Bienen 82, 85

Ballota nigra 54
Begonien 49
Beißereien der Bienen 83, 90, 100
Bignoniaceen 49
Blau-Dressur 14 ff., 26, 27, 38, 41, 150, 154, 165
Blaugrün als Blütenfarbe 45
Blaugrün-Dressur 34, 38, 143, 145
Bleistift, gelber, von Bienen umschwärmt 22, 23
„Blumen", Entwicklung 44, 45
Blumenähnlichkeit von Schablonen als Anziehung für die Bienen 69
Blumenstetigkeit 59
Blumentheorie 2
Bromeliaceen 49
Brownea 49
Brutwabe 96

Calluna 46
Caesalpineen 49
Chlorophyll 34, 38, 135
Cistus albidus 54
C. incanus 54
C. polymorphus 54
C. salvifolius 54

C. villosus 54
Convolvulus tricolor 54
Crepis aurea 47
Crocus biflorus 54
Cyclamen 46
C. hederaefolium 55
C. repandum 55
Cypripedium calceolus 53
Cyrtandreen 49

Daphne striata 46
Delphinium consolida 55
Demonstration der Dressurversuche 27, 28
Dianthus 46
Dianthus alpinus 55
D. deltoides 55
D. glaucus 55
D. superbus 54
Dressur auf Blau etc. s. Blau-Dressur etc.
Dressur der Bienen (Methode) 11, 12, 26, 61, 62, 64
Duft der Blumen 3. 4, 44, 45, 60
Duft der farbigen Blechschablonen als Einwand gegen die Stock-Versuche 101
Duft der farbigen Papiere, als Einwand gegen die Dressurversuche 22 ff.

Ellipsen-Dressur 63
Enzianform-Dressur 66, 67
Erica 46
Erigeron 53
Erigeron alpinus 46
E. uniflorus 47
Erinnerungsvermögen der Bienen 74 ff.
Eritrichium Terglouense 54
Erythrinen 49
Euphrasia minima 54
E. officinalis 54
E. Rostkoviana 54

Farbenanordnung, Dressur auf 68 ff.
Farbwechsel der Blüten 51 ff.
Feuerlilie 46
Firnis 19
Fliegen als Blumenbesucher 4, 45, 46, 55, 58
Form-Dressur 60 ff.
Früchte, Farben der 49, 50
Fuchsien 49
Fumaria capreolata 52
F. major 55

Galeopsis angustifolia 54
G. Ladanum 54
G. pubescens 54
G. Reuteri 54
G. speciosa 54
G. Tetrahit 54
G. versicolor 54
Gedächtnis der Bienen 74 ff.
Gelb-Dressur 11 ff., 26, 35, 37, 124, 126
Gelbgrün-Dressur 31, 38, 128
Geometrische Figuren, Dressur auf 76
Geranium phaeum 54
G. pyrenaicum 54
G. silvaticum 54
G. umbrosum 54
Geruch s. Duft
Gesneraceen 49
Gladiolus byzantinus 54
G. communis 54
G. segetum 55
Glänzende Papiere 19
Glasplatten-Versuche 24, 38, 39
Glasröhrchen-Versuche 25 ff., 37
Glaucium corniculatum 46, 47
Grau-Dressur 19, 20, 105
Grauserie 10
Grün-Dressur 33 ff., 38, 131, 135, 138

Helligkeitsverteilung im Spektrum für normale und farbenblinde Augen 6
Helligkeitsverteilung im Spektrum für Tiere 6, 7, 8
Hibiscus roseus 55
H. syriacus 55
H. trionum 55
Hieracium aurantiacum 47
Holzkästchen 64

Honig, Folgen der Anwendung von H. bei den Versuchen 15, 29
Honigvögel 47
Hummel, Farbenunterscheidung 5

Jacke, blaue, von Bienen umschwärmt 23
„Immenblumen“ 57, 58
Iris 55
Iris germanica 54
I. ochroleuca 54
I. pallida 54
I. spuria 54
Italienische Bienen 99 ff.

Käfer als Blumenbesucher 58
Kämpfe der Bienen 83, 90, 100
Kästchen-Dressur 64
Klee 46
Klumpenbildung 16 ff.
Kolibri 47, 48, 49
„Kontrastfarben“ an Blüten 53

Lamium 46
Lamium maculatum 60
Lantana 52
Lathyrus vernus 52
Lernvermögen der Bienen 73, 74
„Lieblingsfarben“ der Bienen 56
Lilium bulbiferum 46, 47
Linaria alpina 54
L. cymbalaria 53
L. genistifolia 55
L. spartea 55
L. triphylla 54
L. vulgaris 55
Linde, Verhalten der Bienen an einer blühenden 84
„Links-Rechts-Versuch“ 72, 73
Lobelien 48, 49
Lycopsis rosea 54

Markierung der Bienen 12, 28, 80 ff., 85
Maskierung von Bienenstöcken 86, 91 ff.
Maskierung von Blumen 4
Melampyrum arvense 53
M. nemorosum 52, 53
Melilaea 47
Melittis grandiflora 55
M. melissophyllum 55
Mitteilungsvermögen 85
Mohn 33, 46, 50
Moricandia arvensis 55
Myosotis alpestris 54
M. palustris 54
M. versicolor 52

Nachtfalterblumen 53
Narcissus poeticus 54
Nonnea rosea 54

Omphalodes verna 54
Orangerot-Dressur 31, 37, 121
Orchideen 46
Orientierungsflug der Bienen 88, 91
Ornithophile Blumen 33, 47 ff.
Ortsgedächtnis der Bienen 4, 73

Papaver 33, 46, 50
Papaver dubium 55
P. laevigatum 55
P. Rhoeas 55
P. somniferum 54
Pedicularis Sceptrum Carolinum 54
Pentstemon barbatus 48
P. Bridgesii 48
P. Palmeri 48
Pinguicula alpina 54
P. grandiflora 54
P. leptoceras 54
P. macroceras 54
P. vulgaris 54
Platane 86
Pleroma Sellowianum 52
Polygala chamaebuxus 54
Polygonum 46, 55
Polyommatus 47
Protanopie der Bienen 42, 43
Primula carniolica 55
P. crenata 54
P. intrusa 54
P. latifolia 54
P. marginata 54
P. oenensis 55
P. officinalis 55

P. sibirica 54
P. villosa 55
P. viscosa 55
Pulmonaria officinalis 52
Purpurrot-Dressur 31, 39, 171

Quadrat-Dressur 76, 77
Quadrat-Muster, Dressur auf 78

Ranunculus circinatus 54.
R. fluitans 54
„Rechts-Links-Versuch“ 72, 73
Rhododendron 46
Ribes aureum 51, 52
R. sanguineum 52
Rot als Blütenfarbe 45 ff., 50
Rot-Dressur 32, 33, 37, 113, 116
Rot-Grün-Blindheit der Bienen 33, 42
Russelia 49

Saftmale 2, 53ff., 73
Sagittaria sagittifolia 55
Salvia-Arten, Verhalten der Bienen gegenüber verschiedenfarbigen 60
Salvia cardinalis 49
S. coccinea 49
Sarcophaga carnaria 55
Saxifraga aspera 55
Schmetterlinge als Blumenbesucher 46, 47
Schnelligkeit des Lernens der Bienen 73, 74
Schwarz-Dessur 21, 107
Scutellaria 54
Scutellaria alpina 53
Senecio abrotanifolius 47
Silene acaulis 47
Sisyrinchium anceps 53
Spektrumversuche von Hess 6ff.
„Spektrumversuch“ von Hess an Bienen 29
Storchschnabel 2
Strahlenkranz, Dressur auf weißen 68
Stechereien der Bienen 83, 90, 100
Sternchen-Dressur 62
Streifenmuster, Dressur auf 78
Streitereien der Bienen 83, 90, 100

Tagfalterblumen 46, 47
Telekia speciosa 52
Trifolium hybridum 52
T. pratense 60
T. spadiceum 52

Ultraviolett 30, 39, 51
„unbekannte Kraft“ Bethe's 87

Vanessa 47
Verdrängung eines Volkes durch ein stärkeres 84
Vergißmeinnicht 2
Veronica fruticans 54
V. Tournefortii 54
Verwechslungsversuche, Methode 35
Verwechslung von Blaugrün und Grau 34
V. von Blau und Purpurrot 39
V. von Rot und Schwarz 32, 33
Viola alpina 54
V. calcarata 54
V. canina 54
V. lactea 54
V. montana 54
V. odorata 54
V. silvestris 54
V. stagnina 54
V. tricolor 53
Violett-Dressur 31, 165
Viscaria alpina 47
Vögel, Farbensinn 49
Vogelblumen 47ff.
Vorspiel der Bienen 87

Weiß-Dressur 21, 111.
Windblütige Pflanzen 3, 44

Zählung der Bienen 13, 14

G. Pätz'sche Buchdr. Lippert & Co. G. m. b. H., Naumburg a. d. S.

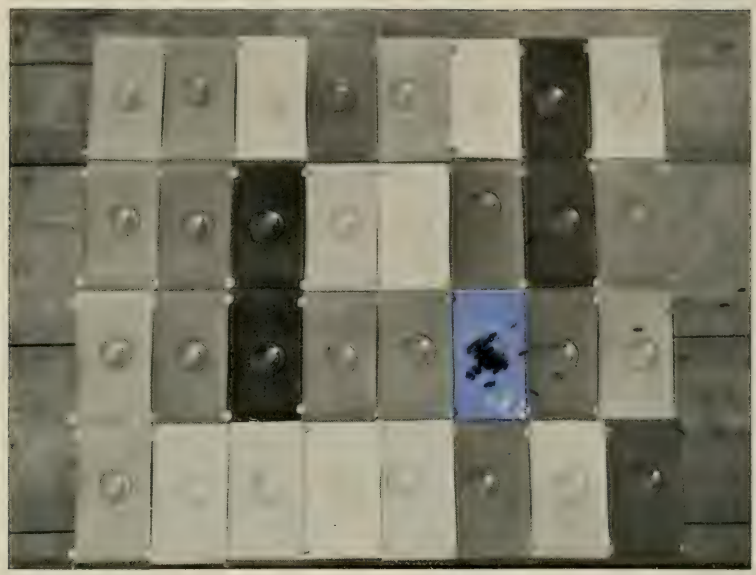


Fig. 1.

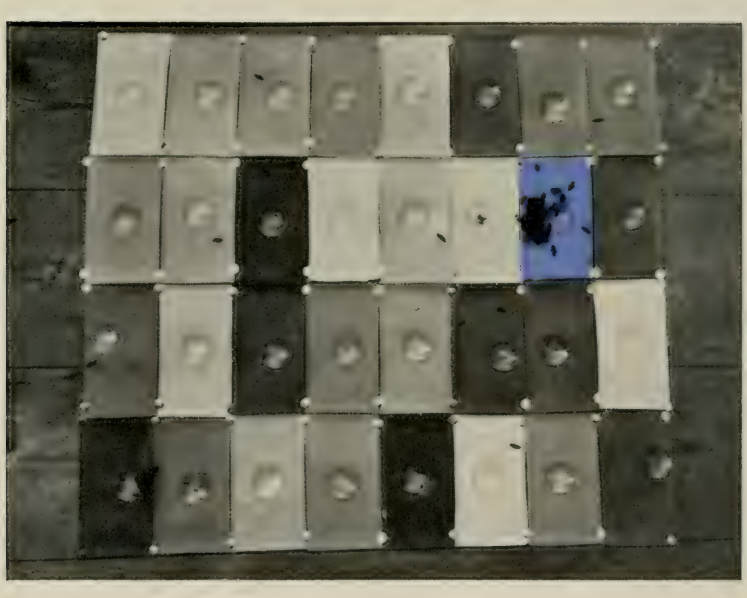


Fig. 2.

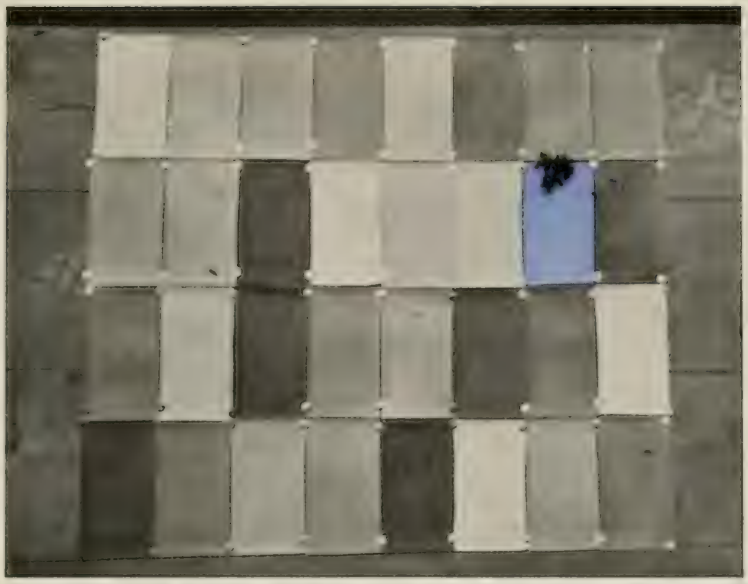


Fig. 3.

Fig. 4.

Fischer in Jena.

Fig. 5.

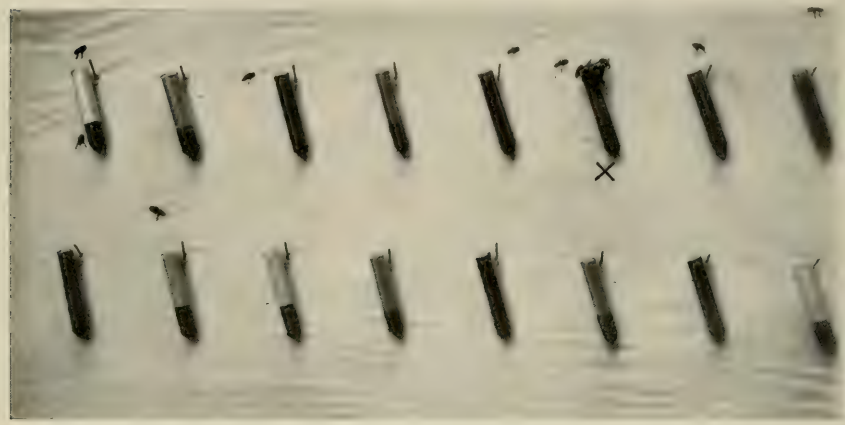


Fig. 6.

Fig. 7.

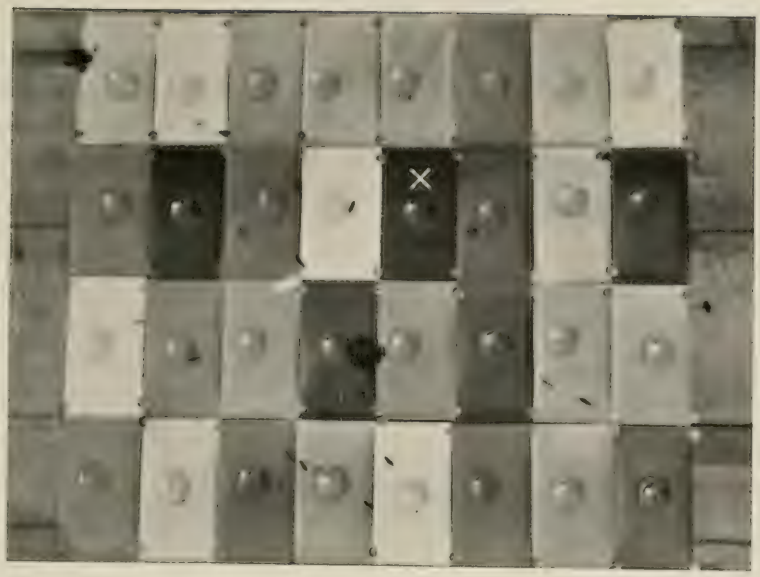


Fig. 8.

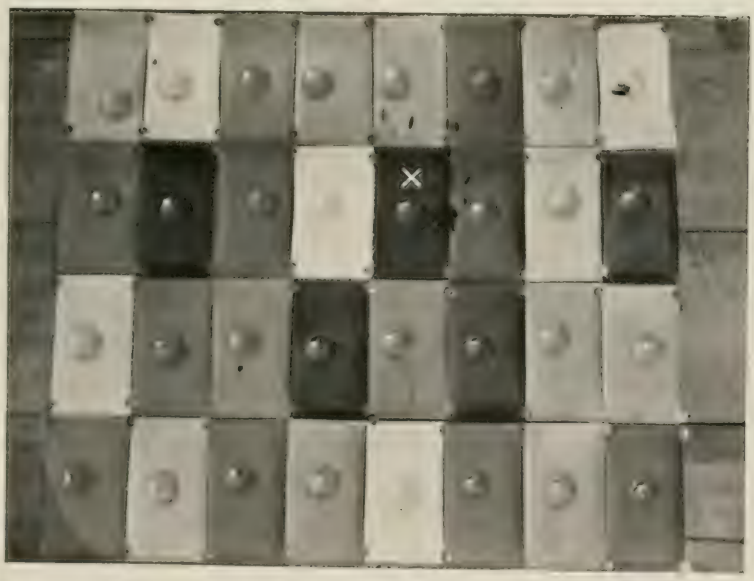


Fig. 9.

Fischer in Jena.

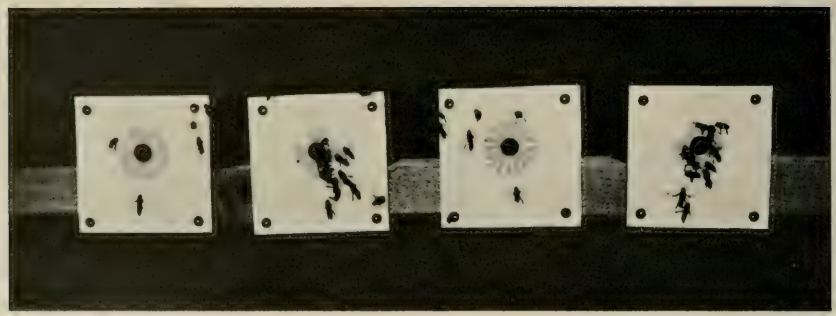


Fig. 10.

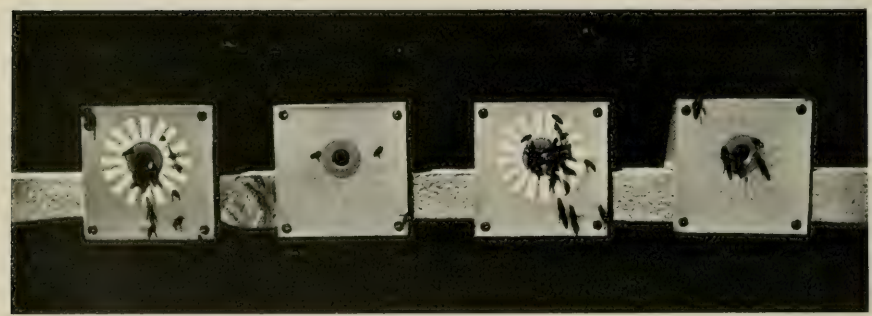


Fig. 11.

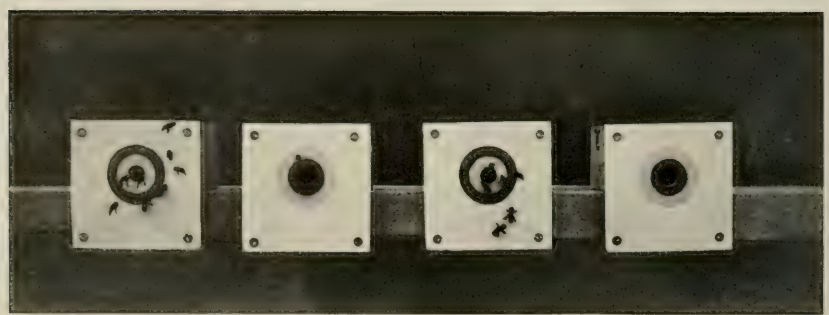


Fig. 12.

Verlag von Gusta

Fig. 13.

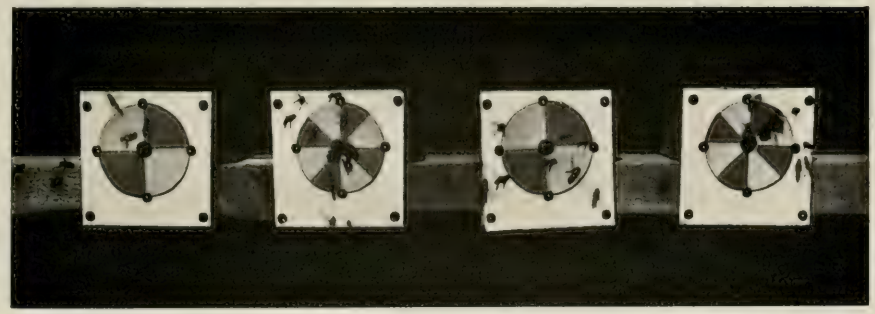


Fig. 14.

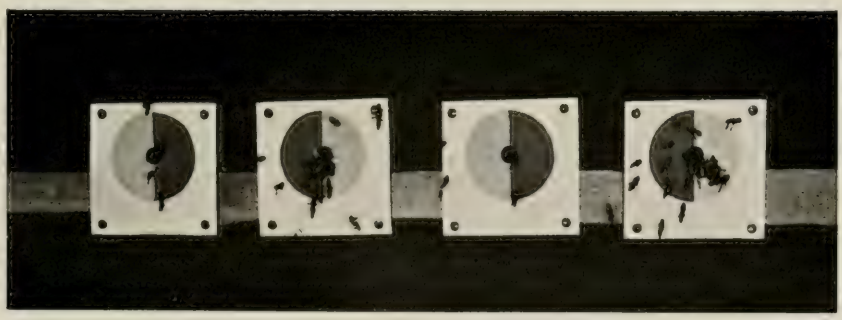


Fig. 15.

Fischer in Jena.

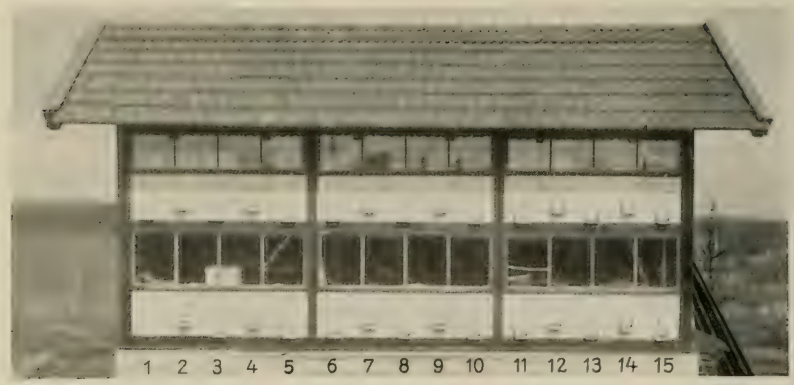


Fig. 16.

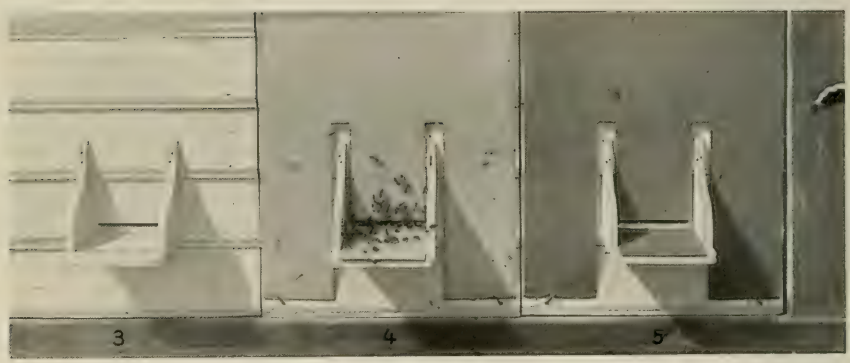


Fig. 17.

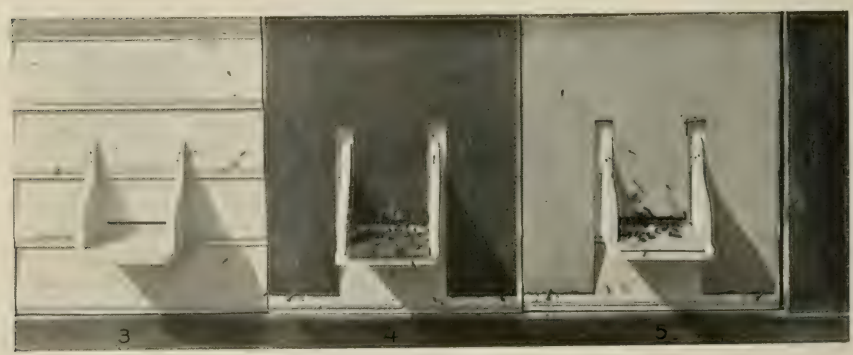


Fig. 18.

Verlag von Gust

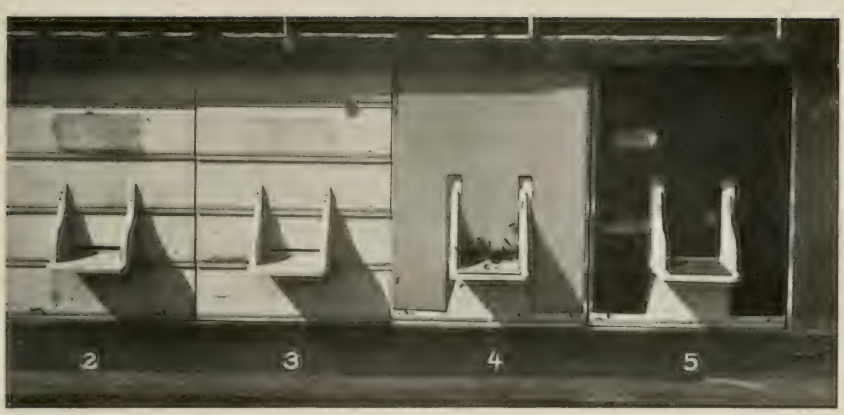


Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 21.

Fischer in Jena.

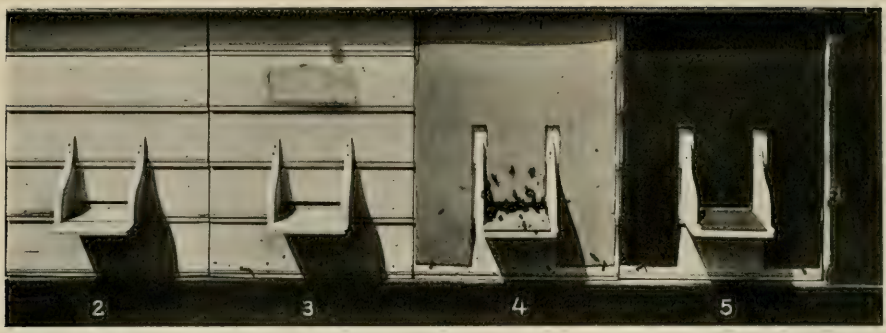


Fig. 22.

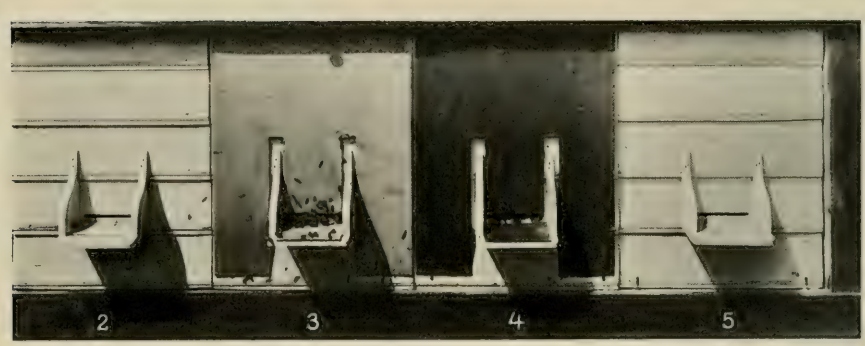


Fig. 23.

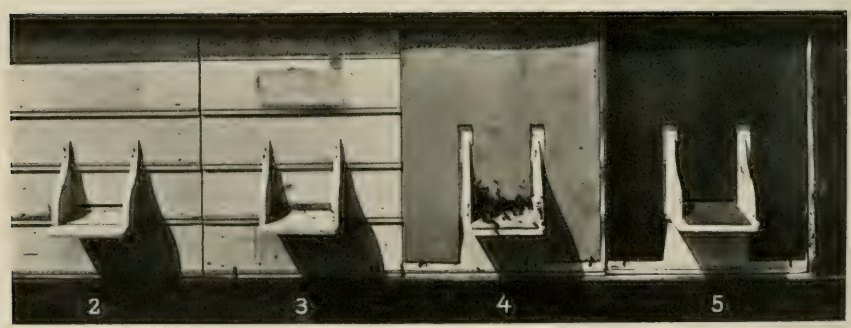


Fig. 24.

Verlag von Gusta

ischer in Jena.

Die Schillerfarben bei Insekten und Vögeln.

Von **W. Biedermann.** Abdr. a. d. Festschrift zum sechzigsten Geburtstage von Ernst Haeckel, herausgegeben von seinen Schülern und Freunden. Mit 16 Figuren im Text. (gr. Fol.) 1904. Preis: 8 Mark.

Die Bienen Afrikas nach dem Stande der heutigen Kenntnisse.

Von Dr. **H. Friese,** Schwerin i. M. Mit 2 kolorierten Tafeln, 19 Karten und einer Textfigur. (Abdruck aus: Zoologische und anthropologische Ergebnisse einer Forschungsreise im westlichen und zentralen Südafrika, ausgeführt in den Jahren 1903—1905 von L. Schultze, mit Unterstützung der Kgl. Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Bd. II, Lief. 2.) 1909. (Fol.-Form.) Preis: 36 Mark.

Naturwissenschaftliche Rundschau vom 17. November 1910:

Wie wohltuend wirkt es nun, wenn man ein Werk vor sich liegen hat, wie das des Herrn Friese über die Bienen Afrikas. Herr Friese hat die Bearbeitung der von Leonh. Schutze von seiner Forschungsreise in Südafrika mitgebrachten Bienenausbeute ausgedehnt zu einer umfangreichen, geradezu musterhaften Bearbeitung der Bienen Afrikas; nicht mit aufgenommen sind die Arten der paläarktischen Region und der madagassischen Subregion. Es sind nicht bloß sämtliche bisher bekannte Arten kritisch gesichtet und ausführlich beschrieben, größtenteils auch in Bestimmungstabellen gebracht, sondern es sind auch Betrachtungen über Verbreitung, natürliche Verwandtschaft der Formen, Einwanderungsstraßen, Einfluß von Klima und Existenzbedingungen usw. gebracht; zahlreiche Kartenskizzen und 2 Tafeln in Buntdruck sind beigegeben. Das Werk zeigt uns, welche gewaltige Arbeit die Bewältigung einer im Verhältnis artenarmen Gruppe birgt.

Mitteilungen der Schweiz. entomolog. Gesellschaft. 1911. Bd. XII, Heft 2:

Durch diese hervorragende Arbeit sind nicht nur unsere Kenntnisse der Bienen des schwarzen Erdteiles in hohem Grade erweitert, ja erschlossen worden, sondern sie ist auch ein glanzvolles Vorbild für die Bearbeitung von Faunen einzelner Erdteile. Die Ausstattung des Buches ist prachtvoll. S.

Zoologisches Zentralblatt. 17. Bd. Nr. 3/4, 15. März 1910:

Den Hauptteil des Werkes nehmen naturgemäß die Beschreibungen der Gattungen und Arten ein; fast stets sind Bestimmungstabellen, oft nach dem Geschlechte getrennt, den letzteren vorausgestellt. Bei Arten, welche dem Verf. nicht vorlagen, wird die Originaldiagnose meist wörtlich kopiert, seltener im Auszug, wiedergegeben. Schließlich sei noch hervorgehoben, daß die beiden Tafeln wahre Prachtstücke deutscher Kunst sind (A. Giltsch-Jena), so daß uns hier in der Tat eine ganz außerordentlich prächtige Leistung in Wort und Bild vorliegt, zu der wir den Verfasser wie den Verleger auf das herzlichste beglückwünschen.

K. W. v. Dalla Torre (Innsbruck).

Tabaniden Brasiliens und einiger Nachbarstaaten.

Von Dr. **Ad. Lutz.** Dir. des Staatl. Bakteriolog. Instituts in São Paulo (Brasilien). (Zoologische Jahrbücher. Herausgeg. von Prof. Dr. J. W. Spengel in Gießen. Supplement X, Heft 4.) Mit 3 farbigen Tafeln. 1909. Preis: 14 Mark.

Die blutsaugenden Dipteren.

Leitfaden zur allgemeinen Orientierung, mit besonderer Berücksichtigung der in den deutschen Kolonien lebenden Krankheitsüberträger.

Von Dr. **Karl Grünberg,** Assistent am zoolog. Museum in Berlin. Mit 127 Abbildungen im Text. 1907. (VI, 188 S. gr. 8°.) Preis: 4 Mark 50 Pf.

Inhalt: **Allgemeiner Teil. — Systematischer Teil.** Psychodidae. Culicidae. Chironomidae. Simuliidae. Tabanidae. Leptididae. Therevidae. Midasidae. Asilidae. Empididae. Dolichopodidae. Muscidae. Pupipara.

Die Hymenopteren Mitteleuropas.

Nach ihren Gattungen und zum großen Teil auch nach ihren Arten analytisch bearbeitet von Prof. Dr. **O. Schmiedeknecht,** Blankenburg. Mit 120 Abbildungen im Text. (VII, 804 S. gr. 8°.) 1907. Preis: 20 Mark.

Verf. hat hier sämtliche in Mitteleuropa vorkommenden Familien und Gattungen der Hymenopteren analytisch bearbeitet, z. T. die Tabellen auch auf ganz Europa ausgedehnt. Die akuleaten Hymenopteren sind sämtlich auch nach ihren Arten behandelt, ebenso die Ichneumoniden und eine Reihe anderer Gruppen.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Termitenleben auf Ceylon.

Neue Studien zur Soziologie der Tiere.
Zugleich ein Kapitel kolonialer Forstentomologie.

Von

K. Escherich,

Dr. med. et phil. o. Professor der Zoologie an der Forstakademie Tharandt.

Mit einem systematischen Anhang mit Beiträgen von **A. Forel, Nils Holmgren, M. Michaelsen, F. Schimmer, F. Silvestri** und **E. Wasmann.**

Mit 3 Tafeln und 68 Abbildungen im Text.

1910. Preis: 6 Mark 50 Pf., geb. 7 Mark 50 Pf.

Inhalt: **Einleitung.** Die Reise. I. **Der Hügelbauer.** Die Termitenhügel. Die Hügelbewohner. Hügelgenese, Baumethode usw. — II. **Die Kartonfabrikanten.** Die „schwarze" oder die „Kot-Termite". Die Galerietermite. Die übrigen Eutermes. — III. **Verschiedene Beobachtungen und Versuche im Laboratorium usw.** Beobachtungen an Königinnen. Kämpfe. Versuche über Lichtempfindlichkeit. — IV. **Oekonomisches.**

Systematischer Anhang. I. Ceylon-Termiten. Von Nils Holmgren. — II. Ameisen von Ceylon. Von Prof. A. Forel. — III. Termitophile Coleopteren aus Ceylon. Von E. Wasmann, S. J. — IV. Myrmecophila Escherichi, eine neue termitophile Ameisengrille. Von Dr. F. Schimmer. — V. Beschreibung der von K. Escherich auf Ceylon gesammelten termitophilen Thysanuren, Myriapoden, sowie einer unbekannten mimetischen, termitophilen Coleopterenlarve. Von Prof. F. Silvestri. — VI. Notoscolex termiticola Mich. Von Prof. W. Michaelsen.

Naturw. Zeitschr. f. Land- und Forstwirtschaft, 1911, Heft 7:
. . . Seiner scharfen Beobachtungsgabe ist es gelungen, eine Reihe von Tatsachen festzustellen, die die Lebensgewohnheiten dieser merkwürdigen sozialen Insekten in vieler Hinsicht in einem eigenartigen neuen Lichte erscheinen lassen. Es handelt sich hier um Ergebnisse, die keineswegs nur für den entomologischen Spezialforscher oder den Psychologen in Betracht kommen, sondern die für jeden Gebildeten ein allgemeines Interesse besitzen und unwillkürlich zum Nachdenken über die sonderbaren tierischen Instinkte anregen . . . Das mit zahlreichen trefflichen Reproduktionen photographischer Aufnahmen geschmückte Buch von Escherich sei seines vielseitigen anregenden Inhalts wegen hiermit auf das wärmste empfohlen.
R. Heymons, Berlin.

Entomologische Zeitschrift, Nr. 47 vom 25. Februar 1911:
In der kurzen, klaren und bestimmten Form, in der Verfasser es versteht, seine Erfahrungen darzustellen, ist das Buch nicht nur dem Entomologen ein leicht durchzuarbeitendes Lehrbuch, um dazu beizutragen, daß die Termitenbiologie immer mehr und mehr ausgebaut wird, sondern es ist auch jedem Naturfreund und Tiergeograph als sehr interessanter Unterhaltungsstoff zu empfehlen.

Koloniale Rundschau, 1911, Heft 6:
Der Verfasser, der bereits sich schon in früheren Jahren durch umfangreiche Schriften über die Biologie usw. der Termiten bekannt gemacht hat, hat in diesem Bande alles zusammengetragen, was er auf seinen Studienreisen in Eritrea und Ceylon an diesen interessanten Tieren beobachtet und erforscht hat, unter Hinzufügung der Resultate anderer Gelehrter, deren Arbeiten er kritisch gesichtet und zusammengeführt hat. Diese Monographie der Termiten nebst termitophilen Coleopteren unter Berücksichtigung der neuesten Literatur ist nicht nur in wissenschaftlicher Beziehung wertvoll, sondern auch in wirtschaftlicher. Es wird das Buch allen denen, die in unseren Kolonien auf den Pflanzungen mit Termiten zu rechnen haben, ein willkommener Ratgeber sein. Für den Naturforscher ist aber das Werk durch die vielen eigenen Beobachtungen in soziologischer und biologischer Beziehung besonders wertvoll. Dr. Krause, Berlin.

Natur, Heft 15 vom 1. Mai 1912:
Der bestbekannte Spezialforscher auf myrmekologischem Gebiete bietet hier die Früchte einer indischen Studienreise, die er termitenbiologischen Untersuchungen weihte. Es ist unmöglich, auf engem Raum auch nur annähernd den Reichtum dieser Arbeit anzudeuten. Man dringt mit Staunen in diese Welt ungeahnter Anpassungen und Instinktäußerungen ein, die zweifelsohne das Höchste darstellen, was das soziale Leben der Tiere hervorgebracht hat. . . . was uns der Verfasser von der Spezialisierung der Termitensoldaten, den Abtrittwächtern, den raffinierten Kampfesmethoden, der Bautätigkeit usw. dieser wunderbaren Tiere erzählt, macht sein zwar reinwissenschaftliches Buch zu einem der fesselndsten in unserer reichen biologischen Literatur.
R. Francé.

G. Pätz'sche Buchdr. Lippert & Co. G. m. b. H., Naumburg a. d. S.

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 084211090